

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**  
*Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería*



**Estudio del efecto de la aplicación  
de tecnologías multimedia y del  
modelado basado en bocetos en el  
desarrollo de las habilidades  
espaciales.**

Tesis Doctoral presentada por:  
***D. José Luis Saorín Pérez.***

Dirigida por:  
Dr. Ing. Industrial  
***D. Manuel Contero González***

Valencia, Septiembre 2006

## **Agradecimientos**

**A Manuel Contero,**  
*director de esta tesis y  
guía en el proceso personal de convertirme en profesor universitario*

**Al Grupo REGEO,**  
**(en especial a Ferrán Naya y Julián Conesa)**  
*por su apoyo en todas las tareas relacionadas con este trabajo y  
por compartir su tiempo conmigo durante mis viajes a Valencia y Cartagena*

**A Antonio José Sáez Castillo (Universidad de Jaén),**  
*Por toda la ayuda prestada en el análisis multivariante de los datos*

**A todos mis compañeros del Departamento de Expresión Gráfica en  
la Universidad de La Laguna,**  
*por permitirme el acceso a sus clases y a sus alumnos.  
Por su colaboración para lograr que el proceso de realización de esta tesis fuese llevadero*

**A los revisores externos de la tesis**  
*Por sus sugerencias de mejora*

**Al equipo de Teresa Carrión (Universidad de Alicante)**  
*por su libro de ejercicios para el desarrollo de la visión espacial*

**Al departamento de Expresión Gráfica de La Universidad de Burgos**  
*Por poner a disposición de todos su taller de mejora de la visión espacial.*

**A todos los profesores de bachiller**  
*Por sus aplicaciones multimedia para el desarrollo de la visión espacial*

**A todos aquellos que han estudiado las habilidades espaciales**  
*Por abrir un camino*

**A mi mujer,**  
*por compartir su vida conmigo  
y por animarme en los momentos de desesperación*

**A mi hijo,**  
*por nacer durante la gestación de este trabajo*

**A mis Padres,**  
*Por todo*

# **Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales.**

## **Resumen**

El objetivo de esta tesis es determinar en qué medida las nuevas tecnologías (recursos web online y programas de bocetado por ordenador) son útiles para la mejora en las capacidades espaciales que requiere la profesión de ingeniero. Para ellos se han seleccionado dos test de medida de dichas capacidades (DAT-SR y MRT) y se ha llevado a cabo un estudio de campo con alumnos de primero de carrera de la Universidad de La Laguna (también se han tomado algunos datos de la Universidad Jaume I de Castellón y de la Universidad Politécnica de Cartagena). Primero, se midieron las capacidades de dichos alumnos al comienzo de las asignaturas. Una vez analizados los resultados se seleccionaron aquellos cuyos resultados eran peores y se dividieron en tres grupos de mejora. A cada uno de ellos se le impartió un curso diferente de mejora de habilidades espaciales. Uno utilizando técnicas clásicas de lápiz y papel, otro mediante recursos web on-line y el tercero mediante la utilización de la aplicación e-CIGRO (herramienta de bocetado por ordenador desarrollada por el grupo REGEO). Por último, al final de curso se volvieron a realizar los dos test a los alumnos. Los resultados obtenidos indican que los tres cursos intensivos, mejoran las capacidades espaciales de los alumnos, obteniendo unos resultados muy similares en todos ellos. También se observa que existe un efecto positivo de las asignaturas de Expresión Gráfica sobre la mejora de habilidades espaciales de los alumnos.

## **Abstract**

The objective of this thesis is to determine to what extent the new technologies (resources Web online and programs of sketching by computer) are useful for the improvement of the spatial abilities that the engineer profession requires. For that, have been selected two test of measurement of those capacities (DAT-SR and MRT) and has been carried out a study with first year students of the University of La Laguna (also some data of the University Jaume I of Castellón and of the Polytechnical University of Cartagena have been taken). First, the capacities of these students were measured in the beginning of the year. Once analyzed the results, the students whose results were worse, were selected and divided in three groups of improvement. A different course of space abilities was distributed to the three groups. One using classic exercises of pencil and paper, another one by means of resources Web online and third by means of the use of the application e-CIGRO (tool of sketching by computer developed by REGEO group). Finally, at the end of course the students make again both tests. The obtained results indicate that the three intensive courses, improve the spatial abilities of the students, obtaining very similar results in all of them. Also it is observed that the subjects of Engineering Design Graphic makes improvement of space abilities of the students.

## Resum

L'objectiu d'esta tesi és determinar en quina mesura les noves tecnologies (recursos web online i programes de **bocetado** per ordinador) són útils per a la millora en les capacitats espacials que requerix la professió d'enginyer. Per a ells s'han seleccionat dos test de mesura de les dites capacitats (**DAT-SR** i **MRT**) i s'ha dut a terme un estudi de camp amb alumnes de primer de carrera de la Universitat de La Laguna (també s'han pres algunes dades de la Universitat Jaume I de Castelló i de la Universitat Politècnica de Cartagena). Primer, es van mesurar les capacitats dels dits alumnes al començament de les assignatures. Una vegada analitzats els resultats es van seleccionar aquells els resultats dels quals eren pitjors i es van dividir en tres grups de millora. A cada un d'ells li ls va impartir un curs diferent de millora d'habilitats espacials. Un utilitzant tècniques clàssiques de llapis i paper, un altre per mitjà de recursos web online i el tercer per mitjà de la utilització de l'aplicació e-CIGRO (ferramenta de **bocetado** per ordinador desenvolupada pel grup REGEO). Per ultime, al final de curs es van tornar a realitzar els dos test als alumnes. Els resultats obtinguts indiquen que els tres cursos intensius, milloren les capacitats espacials dels alumnes, obtenint uns resultats molt semblants en tots ells. També s'observa que hi ha un efecte positiu de les assignatures d'Expressió Gràfica sobre la millora d'habilitats espacials dels alumnes.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.2. OBJETIVOS .....	12
1.3. ESTRUCTURA DE LOS CONTENIDOS DE LA TESIS.....	15
1.4. CONTRIBUCIONES.....	16
<b>2. INTELIGENCIA Y HABILIDADES ESPACIALES .....</b>	<b>17</b>
2.1. INTRODUCCIÓN .....	17
2.2. INTELIGENCIA.....	17
2.3. LAS HABILIDADES ESPACIALES DESDE EL ÁMBITO DE LA PSICOLOGÍA.....	24
2.4. LA RELACIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES CON LA INGENIERÍA.....	28
2.5. ESTUDIOS SOBRE HABILIDADES ESPACIALES REALIZADOS POR INGENIEROS .....	29
2.6. TEST EXISTENTES PARA MEDICIÓN DE HABILIDADES ESPACIALES.....	39
2.7. RESUMEN.....	42
<b>3. HERRAMIENTAS APLICADAS AL DESARROLLO DE LA VISIÓN ESPACIAL .....</b>	<b>43</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	43
3.2. EJERCICIOS CLÁSICOS REALIZADOS CON PAPEL Y LÁPIZ.....	45
3.3. LAS APLICACIONES CAD COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE VISIÓN ESPACIAL.....	46
3.4. APLICACIONES ACCESIBLES A TRAVÉS DE LA WEB PARA LA MEJORA DE LA VISIÓN ESPACIAL.....	47
3.5. MODELADO POR ORDENADOR BASADO EN BOCETOS.....	54
3.5.1. Aplicaciones desarrolladas por el grupo REGEO.....	55
3.5.2. La aplicación eCIGRO.....	57
3.6. RESUMEN.....	59
<b>4. ESTUDIOS SOBRE HABILIDADES ESPACIALES EN EL CONTEXTO UNIVERSITARIO .....</b>	<b>60</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	60
4.2. MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES EN LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA.....	62
4.3. MEDICIÓN DE LA MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES DEBIDO A CURSAR ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA.....	65
4.4. MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE CURSOS DE MEJORA.....	69
4.5. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS PARA LA MEJORA DE LA VISIÓN ESPACIAL.....	72
4.6. RESUMEN.....	75
<b>5. ESTUDIO DE CAMPO.....</b>	<b>76</b>
5.1. INTRODUCCIÓN .....	76
5.2. HERRAMIENTAS SELECCIONADAS DE MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES .....	77
5.2.1. DAT-SR.....	77
5.2.2. MRT .....	78
5.3. METODOLOGÍA, HIPÓTESIS Y PLAN DE TRABAJO .....	80
5.4. CONTENIDOS DE LOS CURSOS INTENSIVOS. EXPERIENCIA PILOTO.....	83
5.4.1. TIPO A.....	84
Método clásico de ejercicios realizados a mano alzada con lápiz y papel.....	84
5.4.2. TIPO B.....	85
Método multimedia de ejercicios realizados sobre aplicaciones on-line en Internet.....	85
5.4.3. TIPO C.....	90
Método basado en la utilización de una aplicación de bocetado por ordenador .....	90

<b>6. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>95</b>
6.1. INTRODUCCIÓN .....	95
6.2. MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES AL INICIO DE CURSO .....	95
6.2.1. <i>Comparativa de resultados con otras Universidades. (Estudio Univariante)</i> .....	98
6.2.2. <i>Análisis multivariante de los datos del pre-test obtenidos en La Universidad de La Laguna</i> .....	100
6.3. RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA PILOTO DE CREACIÓN DE CURSOS INTENSIVOS DE MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES.....	104
6.4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA SOBRE LAS HABILIDADES ESPACIALES.....	107
6.4.1. <i>Comparativa de resultados (Estudio univariante)</i> .....	108
6.4.2. <i>Análisis multivariante de los datos del post-test obtenidos en La Universidad de La Laguna</i> .....	110
6.4.3. <i>Análisis del efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica cursadas por los alumnos en la mejora de las habilidades espaciales</i> .....	112
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>114</b>
7.1. INTRODUCCIÓN .....	114
7.2. CONCLUSIONES SOBRE MEDICIÓN DE HABILIDADES ESPACIALES .....	115
7.3. CONCLUSIONES SOBRE LA CREACIÓN DE UN CURSO DE MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES .....	117
7.4. CONCLUSIONES SOBRE EL EFECTO DE LAS ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA SOBRE LAS HABILIDADES ESPACIALES.....	117
<b>8. FUTUROS TRABAJOS.....</b>	<b>119</b>
<b>9. ARTÍCULOS PUBLICADOS Y PONENCIAS PRESENTADAS EN CONGRESOS COMO CONSECUENCIA DE LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS. ....</b>	<b>121</b>
<b>10. REFERENCIAS.....</b>	<b>122</b>
<b>11. ANEXOS .....</b>	<b>130</b>
ANEXO I.-.....	131
EL LÁPIZ ELECTRÓNICO Y LA PANTALLA TÁCTIL COMO SOPORTE DE NUEVAS HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS. ....	131
ANEXO II.....	142
INTERFACES CALIGRÁFICAS .....	142
ANEXO III.- .....	150
EJERCICIOS PROPUESTOS DE CROQUIS EN EL CURSO DE REFUERZO TIPO A (CLÁSICO) .....	150
ANEXO IV.- .....	181
EJERCICIOS PROPUESTOS DE BOCETADO POR ORDENADOR .....	181
ANEXO V.- .....	214
PROGRAMAS DE LAS ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA.....	214
ANEXO VI.-.....	230
CÁLCULOS ESTADÍSTICOS .....	230

# Índice de Figuras

Figura 1 Escalas de la inteligencia .....	23
Figura 2 Estudios sobre inteligencia primeras etapas, hasta 1920 .....	31
Figura 3 Estudios realizados de 1920 a 1940 .....	32
Figura 4 Estudios realizados de 1940-1950 .....	33
Figura 5 Estudios realizados 1950-60.....	34
Figura 6 Estudios realizados 1960-70.....	35
Figura 7 Estudios realizados 1970-1990 .....	37
Figura 8 Estudios realizados desde 1990 .....	38
Figura 9 Ejercicio clásico de mejora de la visión espacial .....	45
Figura 10 Curso de Interpretación de planos (M.E.C) .....	48
Figura 11 Visualization Assessment and Training Home: (Pennsylvania State University) .....	48
Figura 12 Espatial reasoning using cubes and isometric drawings .....	49
Figura 13 Curso de Interpretación de planos (M.E.C) .....	50
Figura 14 Vistas (M.E.C).....	51
Figura 15 Construcciones (M.E.C).....	51
Figura 16 Engineering graphics games and quizzes.....	52
Figura 17 Taller virtual de mejora de la visión especial (Universidad de Burgos) 52	
Figura 18 Mesa de visión (Universidad de Oviedo) .....	53
Figura 19. Ejemplo de interfaz caligráfica .....	54
Figura 20 Esquema de entradas y salidas de REFER y CIGRO.....	56
Figura 21. Ejemplo de modelado incremental con la aplicación CIGRO .....	57
Figura 22 Proceso de construcción de un sólido mediante e-CIGRO.....	58
Figura 23 Ejemplo de ejercicio del test DAT. ....	78
Figura 24 Ejemplo de ejercicio del test MRT .....	79
Figura 25 Formulario de datos iniciales de los alumnos .....	82
Figura 26 Aplicación web para construir figuras en 3D.....	86
Figura 27 Seleccionar la isometría correcta .....	87
Figura 28 Pagina principal del programa Vistas .....	87
Figura 29 Elegir la figura asociada a lunas vistas dadas.....	88
Figura 30 Pasos iniciales de la aplicación de bocetado por ordenador .....	94
Figura 31. Ejemplo de mejora interactiva [46] .....	143
Figura 32. Ejemplos de mejora interactiva.....	144
Figura 33. Alfabeto de gestos de GIDes.....	145
Figura 34. Etiquetado de vértices propuesto por Huffman-Clowes.....	147

Figura 35. Formas reconocidas por la librería CALI [25] .....	149
Figura 36 Líneas principales del croquis.....	151
Figura 37 Ejemplo de realización de croquis [80].....	152
Figura 38 Objetos del laboratorio para croquizar .....	153
Figura 39 Obtención de vistas mediante giro de un objeto [80] .....	154
Figura 40 Pasos iniciales de la aplicación de bocetado por ordenador .....	185

# Índice de Tablas

Tabla 1 Valoración de las relaciones espaciales. ....	40
Tabla 2 Valoración de la visión espacial.....	41
Tabla 3 Medición de las habilidades espaciales .....	64
Tabla 4 Medición de mejora de las habilidades espaciales en las asignaturas de Expresión Gráfica .....	68
Tabla 5 Medición de mejora de las habilidades espaciales en cursos de mejora .	71
Tabla 6 Herramientas específicas diseñadas para mejora de la visión espacial (Universidades).....	74
Tabla 7 Aumnos de La Laguna que han participado en el estudio.....	80
Tabla 8 Alumnos de Cartagena que han participado en el estudio .....	81
Tabla 9 Listado de asignaturas de la Universidad de La Laguna .....	96
Tabla 10 Contenidos de las Asignaturas .....	96
Tabla 11 Alumnos que realizaron el test a principio de curso.....	96
Tabla 12 Valores iniciales obtenidos en los test MRT y DAT .....	97
Tabla 13 Valores iniciales separados por sexo .....	97
Tabla 14 Comparativa de medias de habilidades espaciales. Se incluye la desviación estándar entre paréntesis. ....	99
Tabla 15 Resultados obtenidos en los cursos de intensificación.....	105
Tabla 16 Significación estadística de la hipótesis cero "las medias no mejoran"	105
Tabla 17 Análisis de varianza para el DAT.....	106
Tabla 18 Análisis de varianza para el MRT .....	106
Tabla 19 Prueba de Tukey (HSD) para el test MRT.....	106
Tabla 20 Alumnos que pasaron los test a final de curso.....	107
Tabla 21 Resultados obtenidos en los test finales .....	107
Tabla 22 Nivel de significación de la hipótesis nula .....	108
Tabla 23 Comparativa de resultados test finales.....	109
Tabla 24 Comparativa de ganancia de habilidades espaciales.....	109
Tabla 25 Parámetros característicos de las asignaturas .....	112
Tabla 26 Coeficientes del incremento de habilidades espaciales por asignatura	113
Tabla 27 Algunos gestos de modelado de SKETCH .....	145

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Justificación**

Vivimos en un mundo donde las nuevas tecnologías están invadiendo todos los rincones de nuestras vidas. La aparición de herramientas novedosas en este campo está cambiando la manera en la que nos comunicamos, nos informamos, disfrutamos de nuestro ocio y por supuesto la manera en la que enseñamos o aprendemos.

Dentro de este entorno de cambio tecnológico, la Expresión Gráfica en la Ingeniería, está sufriendo una revolución sólo comparable a la que tuvo lugar cuando en los siglos XVIII y XIX se definieron las bases teóricas para los sistemas de representación actuales, tales como el sistema diédrico, el axonométrico o la perspectiva cónica.

La aparición de herramientas de diseño asistido por ordenador y de Internet está modificando día a día la manera en la que se realizan las representaciones gráficas en general y las de elementos de ingeniería en particular.

Sin embargo y debido precisamente a la avalancha de novedades a las que nos vemos expuestos, quizás no se ha dedicado la suficiente atención a analizar con detenimiento el impacto que estas nuevas tecnologías están teniendo en la Expresión Gráfica.

En esta tesis se estudia el impacto de las tecnologías multimedia y del modelado basado en objetos sobre un aspecto importante del proceso enseñanza/aprendizaje de la Expresión Gráfica, tal como es el desarrollo de las habilidades espaciales.

En esta tesis se asume como ampliamente admitido que los ingenieros necesitan un lenguaje gráfico con el que poder expresar e interpretar sus creaciones. Pero una cosa es la herramienta y otra es el lenguaje en sí mismo. Los últimos años han sido pródigos en avances, pero escasos en análisis y mejora de la usabilidad de dichas herramientas.

## **1.2. Objetivos**

El objetivo de este trabajo será determinar en qué medida las nuevas herramientas son útiles para la mejora en las capacidades de comprender y hablar ese lenguaje gráfico que requiere la profesión de ingeniero. La visión espacial es una parte (pero no el todo) del problema del aprendizaje del lenguaje gráfico de los ingenieros. La percepción se junta con la geometría (que aporta la sintaxis) y con las normas (que aportan la semántica) para configurar un lenguaje que pretende lograr una comunicación eficiente y unívoca.

En esta tesis nos centraremos en las capacidades de visión espacial o habilidades espaciales, que son un aspecto clave ya que ayuda al futuro ingeniero/diseñador a comunicarse con el resto de los intervinientes en los procesos de ingeniería. Además también lo dota de la capacidad de imaginar, necesaria para sintetizar nuevas formas que respondan a necesidades planteadas por los problemas de diseño. A lo largo de este trabajo, trataremos de responder algunas preguntas

importantes sobre las habilidades espaciales y su relación con las nuevas tecnologías:

- ¿Colaboran estas nuevas herramientas en el desarrollo de esta capacidad?
- ¿Pueden desarrollarse tecnologías con interfaces más amigables para el usuario que las existentes y que ayuden en el desarrollo de esta capacidad?
- ¿Se pueden determinar parámetros, en las personas, en las herramientas o en los métodos docentes que ayuden a mejorar la adquisición de estas habilidades?

Encontrar una respuesta a estas preguntas exige poder medir la variable de visión espacial y al mismo tiempo desarrollar herramientas que utilicen enfoques diferentes a los ya existentes.

Para resolver el primer problema, el de la medición, acudiremos a la psicología, en concreto a los conceptos de inteligencia, su composición y a la medición de la misma.

Para disponer de herramientas con interfaces novedosas, hemos buscado aquellas que funcionan bajo plataformas web por un lado y por el otro, la adaptación de aplicaciones de modelado basado en bocetos al ámbito educacional. Esta última tecnología, novedosa aún en el mundo de la Expresión Gráfica, forma parte de los resultados obtenidos por el grupo REGEO (<http://www.regeo.uji.es/>) que sigue esta línea de investigación desde hace años. (Dicho grupo está formado por personal investigador de la Universidad Jaume I de Castellón, la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad Politécnica de Cartagena y La Universidad de La Laguna).

Los objetivos específicos de la tesis serían por tanto:

**1. Estudio de la visión espacial en el ámbito de la inteligencia y su relación con la enseñanza de las carreras técnicas:**

- a. Selección de qué métodos se puede utilizar para medirla.

**2. Medición de habilidades espaciales en el contexto universitario:**

- a. Desarrollar un trabajo de campo que permita conocer y categorizar las habilidades espaciales de los alumnos que ingresan en las carreras técnicas en las universidades españolas.
- b. Establecer correlaciones entre distintos parámetros de la población objeto de estudio y sus habilidades espaciales (parámetros entre los que se encuentra el sexo, la edad, la formación recibida, las aficiones, etc.).

**3. Definir los contenidos de un curso de mejora de las habilidades espaciales**

- a. Comprobar si las habilidades espaciales se pueden mejorar mediante entrenamiento.
- b. Validar la utilización de diferentes recursos Web en la red, (cuyo objetivo es la manipulación de objetos tridimensionales), en el desarrollo de la visión espacial.

- c. Validar las posibilidades de las herramientas de modelado basado en bocetos (aplicación eCIGRO desarrollada por el grupo REGEO) en su función de mejora de la visión espacial y desarrollo del croquis.

**4. Analizar el efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica sobre las habilidades espaciales**

- a. Analizar el efecto que tienen diferentes enfoques de la asignatura de Expresión Gráfica en mejora de las habilidades espaciales.
- b. Buscar correlación entre los distintos parámetros estudiados y la mejora de las habilidades

### **1.3. Estructura de los contenidos de la tesis**

Debido a la diversidad de temas necesarios para poder lograr desarrollar los contenidos propuestos en los objetivos de esta tesis, la estructura de la misma queda dividida de la siguiente manera.

#### **Parte I: INTELIGENCIA Y HABILIDADES ESPACIALES**

Es importante señalar que el objeto de esta tesis no es profundizar en los estudios psicológicos asociados a estos parámetros, sino recopilar y ordenar la información existente. De esta manera, queremos asegurar que se entienda correctamente el trabajo que se va a acometer y que se dispone de las herramientas adecuadas para la medición de capacidades espaciales. Hay que recordar que se pretende evaluar de una manera lo más objetiva posible el impacto de las nuevas herramientas sobre la visión espacial.

#### **Parte II: NUEVAS HERRAMIENTAS APLICADAS AL DESARROLLO DE LA VISIÓN ESPACIAL**

En este apartado, se describen algunas de las nuevas herramientas que están apareciendo, dirigidas a la mejora de la visión espacial. Por otro lado se deben conocer las bases tecnológicas que posibilitan la aparición de una nueva tecnología denominada "Modelado basado en bocetos", así como la aplicación con la que se desarrollará la experiencia de mejora de las habilidades espaciales.

#### **Parte III: ESTUDIOS PREVIOS EN EL CONTEXTO UNIVERSITARIO**

Esta parte permitirá conocer las experiencias y los resultados obtenidos por otros grupos de investigación a lo largo de la última década. Hemos separado esta última década del resto, puesto que en estos últimos años se han producido multitud de estudios y de herramientas basadas en nuevas tecnologías multimedia e internet.

#### **Parte IV: ESTUDIO DE CAMPO, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este apartado se expondrán los resultados obtenidos, así como los análisis estadísticos necesarios para la interpretación de los mismos.

#### **Parte V: CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS**

Se pretende cerrar el estudio con una serie de conclusiones que nos permitan responder a las preguntas que nos planteábamos en la introducción de este trabajo.

## 1.4. Contribuciones

- a) Estudio de campo, con el objeto de medir las habilidades espaciales de los estudiantes de carreras técnicas en España. Dicho estudio se puede considerar el más ambicioso de los realizados hasta el momento debido a:
  - 1. N° Alumnos totales:
  - 2. N° de Universidades colaboradoras
  - 3. N° de Asignaturas evaluadas
  - 4. N° de test realizados por alumno
  - 5. N° de datos recogidos por alumno
  
- b) Primer análisis en España de los factores que influyen en las habilidades espaciales a la entrada de la universidad
  
- c) Primera medición de las habilidades de rotación espacial de la población estudiada utilizando para ello un test reconocido internacionalmente y no aplicado hasta ahora en nuestro país.
  
- d) Primera utilización práctica, con alumnos, de una aplicación de modelado basado en bocetos con el objetivo de mejorar la visión espacial
  
- e) Creación y comparación de resultados de tres cursos intensivos diferentes orientados a la mejora de la visión espacial
  - 1. Incluye la utilización de aplicaciones multimedia on-line, así como una revisión del material multimedia disponible en internet.
  
- f) Primer análisis en España del efecto de diferentes asignaturas de Expresión Gráfica sobre la mejora de las habilidades espaciales
  
- g) Revisión bibliográfica de todos los trabajos realizados en el campo de las habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería (en especial en los últimos quince años) y clasificación de acuerdo a las siguientes cuatro categorías
  - 1. Medición de las habilidades espaciales
  - 2. Mejora de las habilidades espaciales por efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica
  - 3. Creación de cursos de mejora de habilidades espaciales
  - 4. Desarrollo de herramientas dirigidas a la mejora de las habilidades espaciales

## 2. INTELIGENCIA Y HABILIDADES ESPACIALES

### 2.1. Introducción

En este apartado se pretende investigar el estado de los conocimientos actuales sobre capacidades intelectuales y más concretamente sobre habilidades espaciales. Al ser, dicha materia, competencia de los estudios de psicología he procurado sintetizar la información más relevante sobre estos temas, sin tratar de profundizar ni de elegir entre las diversas escuelas de pensamiento que existen.

Mi objetivo prioritario a la hora de desarrollar esta parte de la tesis era conseguir respuesta para una serie de preguntas que pensaba eran fundamentales para proseguir en el desarrollo de mi investigación.

- ¿Qué se entiende en general por capacidades intelectuales?
- ¿Pueden medirse con fiabilidad dichas capacidades?
- ¿Qué entendemos por habilidades espaciales?
- ¿Qué componentes tienen?
- ¿Qué relación tienen las habilidades espaciales con la ingeniería?
- ¿Quién ha realizado estudios sobre esa relación?
- ¿Qué test son los que permiten medir dicha habilidad espacial?
- ¿Cuáles elijo para el desarrollo de mi investigación?

A lo largo de los siguientes apartados, trataré de responder a estas preguntas y de recopilar la información relevante sobre dichas cuestiones. Así mismo en cada apartado trataré de realizar un breve resumen de la historia de los descubrimientos asociados a cada uno de los conceptos que estudio.

### 2.2. Inteligencia

La definición de inteligencia no es una tarea sencilla. En realidad no existe una definición única ya que dependiendo del enfoque con que el que se aborde la propia naturaleza de la inteligencia, aparecen distintas facetas de la misma [2].

- La capacidad de razonar o de pensar de manera abstracta
- La capacidad de aprender y de extraer provecho de las experiencias
- La capacidad de resolver problemas
- Conjunto de aptitudes de autogobierno mental que permiten a las personas adaptarse a su medio natural (Sternberg 1985)
- Capacidad de obtener y crear información nueva, útil y aplicable a partir de informaciones sensoriales ya existentes, que se manifiestan en el comportamiento o la actividad mental del sujeto (Charles Spearman 1924)

Por ello existen diversas ramas de la psicología que la estudian y distintos enfoques sobre la misma. Psicología cognitiva, psicología diferencial, psicología evolutiva, psicología Experimental, antropología... En función de estos enfoques aparecen distintos modelos de inteligencia:

- **Factorial**
  - Propios de la psicología diferencial o psicométrica.
  - Se ocupa de analizar la **estructura de la inteligencia**.
  - Parten de la evaluación del rendimiento la mayoría de las veces medido con test de coeficiente de inteligencia y similares.

- Describen el número de **aptitudes** y la organización interna de la inteligencia.
- **Principales autores:** Ch.Spearman, L.L. Thurstone, J.P. Guilford, R.B. Cattell, K. Gustafsson, J. B. Carroll
- **Computacionales**
  - Propios de la tradición experimentalista y cognitiva de la psicología.
  - Se interesa por los mecanismos y las operaciones que sostienen el **funcionamiento de la inteligencia**.
  - Emplean técnicas experimentales, cronométricas y similares.
  - Su objetivo es definir la inteligencia en términos de **eficiencia cognitiva y** velocidad mental.
  - **Principales autores:** A. Jensen, D. K. Detterman, Vernon, Eysenck.
- **Globales**
  - Pretenden una síntesis entre los conocimientos de la psicología diferencial y la cognitiva (**estructura y funcionamiento**).
  - **Principales autores:** Modelo de Inteligencias Múltiples de Howard Gardner, Modelo de Inteligencia Triásquica de J. Sternberg.
- **De desarrollo**
  - Son propios de la psicología evolutiva. Quieren descubrir la causa del comportamiento inteligente.
  - A partir de estudios observacionales y clínicos.
  - Proponen **etapas de desarrollo de las aptitudes cognitivas** centrándose especialmente en el niño y el adolescente.
  - **Principales autores:** Modelo de Piaget, (basado en la biología) Vigotsky (basado en la cultura).
- **Culturales**
  - Propios de la antropología.
  - Consideran la inteligencia una **construcción cultural y social** más que una propiedad del individuo.
  - **Principales autores:** J. Berry, M. Cole.

De todos estos enfoques resaltaremos uno de ellos:

- Enfoque factorial estudiado por la **psicología psicométrica** (la inteligencia como un conjunto de aptitudes) establece que las diferencias individuales en la cognición humana, pueden medirse a través del rendimiento en los test de inteligencia y que la inteligencia misma se puede definir [3], por tanto, por las variaciones de las puntuaciones en los test, según las personas;
  - El resultado de esos test son una medida, el CI (Cociente intelectual). Para llegar al CI en el test han de haber subtest que tratarán de medir diferentes aspectos de las capacidades de un individuo; a través de la intersección de las mismas se llega a un valor final o CI.
  - Se presume que las distintas facetas de la inteligencia (inteligencia emocional, social,...) corresponden a la aplicación de la capacidad general a diferentes contextos de situación en los que intervienen además variables motivacionales, de actitud, emocionales y de estado de ánimo.

A lo largo de esta tesis trabajaremos únicamente con este enfoque. Es decir utilizaremos test de inteligencia para medir aptitudes, en concreto mediremos las habilidades espaciales. Algunos autores sin embargo han estudiado el desarrollo de las habilidades espaciales siguiendo la perspectiva de la psicología evolutiva.

Dichos autores [68] se basan en el modelo de desarrollo de Piaget para estudiar cómo aparecen y se desarrollan dichas habilidades en las personas.

No es el objeto de esta tesis entrar en discusiones sobre los distintos enfoques psicológicos de la inteligencia y la visión espacial, sino sólo de disponer de las herramientas teóricas y prácticas en este campo que nos permitan realizar mejor nuestra investigación.

Para poder realizar nuestro estudio, es imprescindible disponer de una herramienta de medición y por ello, nuestro enfoque de la inteligencia seguirá el modelo diferencial apoyado en los resultados de los test como elemento de medida.

En toda esta variedad de enfoques y planteamientos sobre la naturaleza de la inteligencia destaca un elemento común y es que la inteligencia es una capacidad (y como tal toma forma a través de distintas expresiones: social, práctica, académica, interpersonal...). Sin embargo, no se trata de una capacidad única, aunque se puede distinguir un núcleo básico, común a todas las facetas, que denominaremos inteligencia general (factor g). Dicho núcleo describe la conceptualización más abstracta de la inteligencia y fue definido en 1924 por Charles Spearman.

Aunque la afirmación anterior acerca del núcleo común de la inteligencia parece aceptada hoy día, durante muchos años ha existido un intenso debate acerca de la existencia o no de dicho factor general de inteligencia. Durante décadas existieron varios modelos diferentes de inteligencia en función de cómo trataban ese núcleo central.

Como ejemplo del debate que ha existido acerca de la estructura de la inteligencia, podemos ver un breve esquema de la evolución de dichos modelos a lo largo del siglo XX.

**Modelo Jerárquico de P.E. Vernon. (1960)**  
(basado en el de Spearman de 1904)

- Valor general (g)
- Dos Factores de grupo mayor
  - Verbal / Educativo
  - Espacial / Mecánico
- Factores de grupo menor (Mucho más relacionados con habilidades o destrezas características)
  - V/E
    - Comprensión Verbal
    - Fluidez Verbal
    - Facilidad Numérica
  - E/M
    - Visualización Espacial
    - Información Mecánica

**Modelo de Aptitudes mentales primarias Thurstone. (1938)**

- Los factores de grupo actúan de manera independiente y están relacionados entre ellos en tanto que las exigencias de las tareas que deben resolverse así lo exigen.

- La inteligencia de una persona sólo se puede representar por medio de las puntuaciones específicas de esta persona en cada una de las aptitudes que constituyen la inteligencia.
- 7 factores primarios (total de 13 posibles)
  - V Comprensión Verbal.
  - W Fluidez Verbal.
  - N Numérica.
  - S Espacial.
  - M Memoria.
  - P Velocidad Perceptual.
  - R Razonamiento.

#### **Modelo integrado de R.B. Cattell. (1963)**

- Inteligencia Fluida:
  - Capacidad fisiológica innata.
- Inteligencia Cristalizada:
  - Tiene que ver con la experiencia y el aprendizaje.
- 3 Niveles:
  - Factor g de inteligencia general.
  - Inteligencia fluida y cristalizada.
  - Factores primarios de Thurstone:
    - Para el factor espacial (Gv) se han diseñado varios tipos de test: plegado de papel, cierre de formas, percepción analítica, test de figuras enmascaradas, pruebas de rotación mental de Sephard y Metzler.

#### **Modelo de los tres estratos de Carroll. (1993)**

- Análisis Factorial.
- Tres niveles:
  - Factor emergente (g).
  - Factores de segundo orden:
    - Inteligencia Fluida.
    - Inteligencia Cristalizada.
    - Percepción visual amplia.
    - Percepción auditiva amplia.
    - la velocidad cognitiva general.
    - la capacidad amplia de récord.
    - la capacidad amplia de memoria.
  - Factores de tercer orden
    - Aptitudes específicas.

Como podemos ver, los modelos más recientes, son modelos integrados que aceptan la existencia de un factor general de inteligencia y una serie de factores primarios, similares a los definidos por Thurstone.

#### ***Las conclusiones aceptadas mayoritariamente sobre la inteligencia son las siguientes:***

- **Parece que existe un factor general (G) de inteligencia**
  - Es un hecho contrastado la existencia de correlaciones múltiples positivas entre cualquier tipo de medida de rendimiento.
- **Estructura jerárquica de las capacidades**
  - General.

- Factores de segundo orden (cristalizada, velocidad...).
- Aptitudes primarias subordinadas (fluidez verbal, capacidad espacial...).
- **Importancia de los factores primarios y de grupo**
  - Tienen mucha importancia (tal y como los definió Thurstone) en contextos de evaluación de perfiles de capacidades y la predicción del rendimiento a corto plazo

### Rendimiento mental versus inteligencia. Medición de las capacidades

Por otra parte, desde que los psicólogos han estudiado científicamente la inteligencia se ha hecho necesario distinguir entre rendimiento mental o cognitivo e inteligencia [2]. Rendimiento, se refiere a un fenómeno complejo e individual que nos muestra la aplicación conjunta de unos recursos, capacidades, y disposiciones psicológicas, por parte de una persona para resolver un problema. (En el rendimiento influyen variables como la motivación, el interés, la personalidad, las expectativas, la inteligencia...)

Es importante señalar esta distinción, porque habitualmente los únicos datos de los que disponemos en un curso de Expresión Gráfica son el resultado de los exámenes, o lo que es lo mismo, la evaluación del rendimiento académico. Aunque estos resultados dependen en gran medida de los valores de inteligencia, no son el único parámetro del que dependen.

En el proceso actual de reforma universitaria (proceso de Bolonia), el desarrollo de las capacidades y competencias empieza a ser parte del diseño curricular de las asignaturas de Expresión Gráfica. De esta manera, las capacidades espaciales se pueden encontrar dentro de las propuestas de competencias específicas para esta asignatura [136].

Sin embargo, medir una capacidad (inteligencia), significa medir la potencialidad de un individuo en un área dada. Conociendo la capacidad (numérica) de una persona, podemos, quizás, predecir su rendimiento en otras actividades.

En el caso concreto de la inteligencia, existe como hemos visto una seria dificultad para definir el término, pero sin embargo su medición no representa problemas. Los test de inteligencia, nos sirven como herramienta de medida y existe un acuerdo sobre la validez de sus resultados que la experiencia ha demostrado acertado.

Las pruebas para medir las capacidades mentales, los test, se han diseñado específicamente con un objetivo distinto al de las pruebas de medidas del rendimiento, esto es, medir la potencialidad intelectual del individuo. Para medir el rendimiento existen varios procedimientos (el examen es el más habitual), en cambio para medir las capacidades los psicólogos han diseñado los test que son pruebas con las siguientes características:

- Medición objetiva.
- Fiable.
- Válida para capacidades y aptitudes mentales.
- Constituidas por una serie de pruebas o problemas.
- Clave única de respuestas correctas.

Una vez realizado un test, se dispone de un baremo para calcular la medida estandarizada de dicho rendimiento (habitualmente dicha medida se conoce como

Cociente intelectual o CI). Dichos test pueden ser diseñados para medir la inteligencia general o bien para medir capacidades o aptitudes específicas.

En esencia estos instrumentos han variado poco desde su diseño original, pero han demostrado, con el paso del tiempo, una adecuada validez predictiva y gran utilidad. Con la mayoría de los test de inteligencia se pueden obtener una estimación del CI individual. Estas estimaciones pueden proceder de un conjunto de test de naturaleza diversa, que en cualquier caso permiten transformar puntuaciones de ejecución del sujeto en una escala de CI.

- El Cociente Intelectual refleja el rendimiento en una serie de pruebas o subtests que componen un test de inteligencia; se considera una medida global o general de la inteligencia de un individuo. La puntuación que obtiene un individuo es una puntuación relativa que debe compararse con la media y la variabilidad de la población de referencia.
  - Para que el CI tuviese un valor universal, se acordó diseñar los test de inteligencia de manera que la distribución de sus puntuaciones tuvieran una media de 100 y una desviación estándar de 15. Estos parámetros se utilizan como escala de referencia.
- La Edad Mental, según Bidet, es una medida de inteligencia que relaciona el nivel de rendimiento de un individuo con el nivel de rendimiento de un grupo de individuos que tienen una edad cronológica homogénea.
- El Cociente Intelectual fue formulado inicialmente por Stern (1912) y relacionaba la edad mental con la edad cronológica (se trataba de obtener una estimación menos sesgada del nivel de inteligencia que arrojaba la edad mental, ya que la edad mental dejaba de funcionar fuera del contexto escolar). La fórmula inicial era:  $(\text{Edad Mental} / \text{Edad Cronológica}) * 100$ .

Es decir que mediante el CI y las distintas escalas, se dispone de un número que permite comparar diferentes capacidades intelectuales. Las diferentes escalas o medidas tienen todas una referencia única que es el CI estándar, por lo que los test disponen todos de una relación entre el valor numérico obtenido al resolverlo y dicha escala básica.

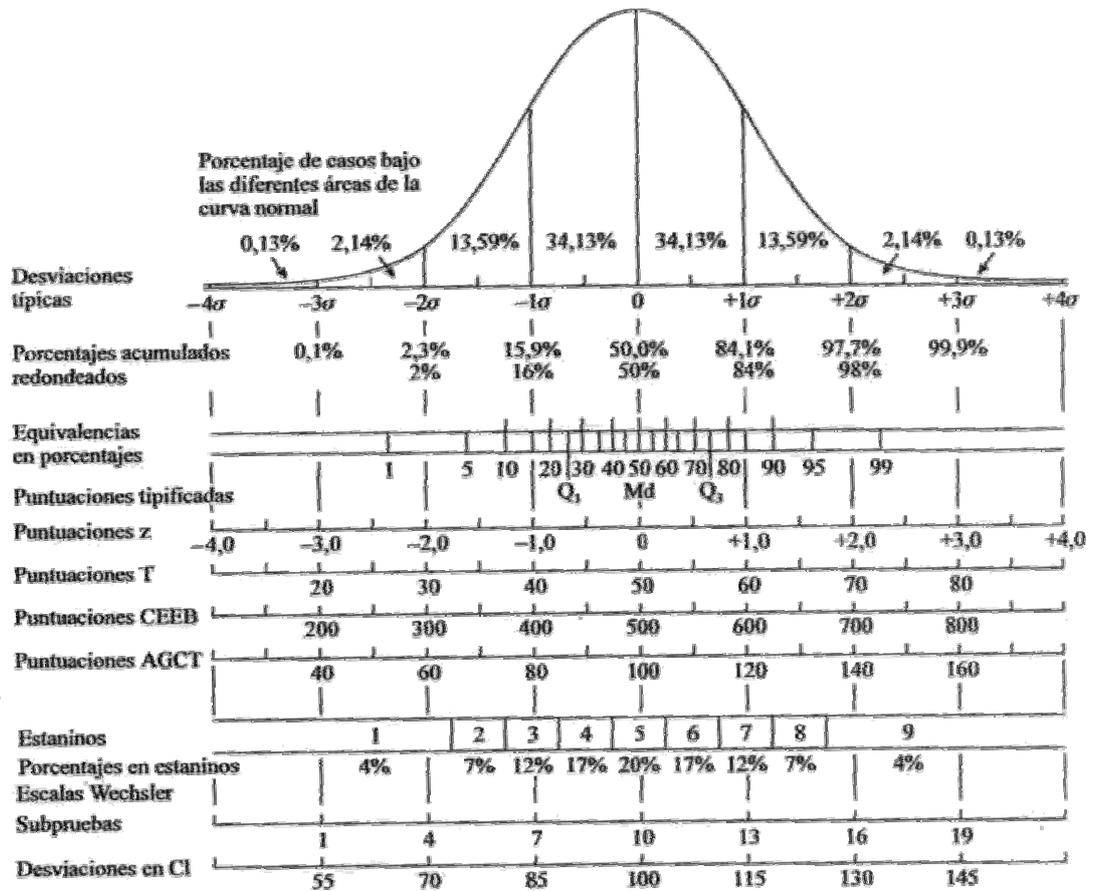


Figura 1 Escalas de la inteligencia

Como resumen podemos decir que existen multitud de test y escalas, pero una única de referencia. Las escalas más conocidas son:

- Stanford-Binet (Terman-Merrill) (Escala de CI más utilizada).
- Escalas McCarthy.
- Escala de Alexander.
- Escalas wechsler (WAIS) (WISC).
- Test de matrices progresivas de Raven.
- Test de dominós.
- Test de factor g.
- Test de habilidades mentales primarias.
- Batería de Aptitudes Diferenciadas (DAT).
- K-ABC (Kaufmann ability battery for children).
- SAT (Stenberg Ability Test).

## 2.3. Las habilidades espaciales desde el ámbito de la Psicología

Podemos definir dicho término como "*La habilidad de mentalmente, rotar, manipular y girar objetos dibujados de dos y tres dimensiones*".

Las habilidades espaciales son una componente de la inteligencia. Todos los investigadores coinciden en la existencia de dicha componente, así como en considerarla como un factor fundamental en los modelos de inteligencia. No existía, sin embargo, el mismo acuerdo a la hora de determinar si esa capacidad englobaba a su vez una o varias subcapacidades.

Diversos autores en distintas épocas la han definido y subdivido de diferentes maneras. Esto lo podemos comprobar leyendo los artículos de revisión bibliográfica sobre el tema de las habilidades espaciales de McGee, M.G. "Human Spatial Habilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormonal and Neurological influences" de 1979 [18] y el artículo de Lohman, D.F "Spatial Visualization and G" de 1996 [15].

El contenido de estos artículos está plagado de nombres de investigadores y de denominaciones para estas habilidades espaciales. Para clarificar esta situación se ha realizado un esquema-resumen donde se pueden apreciar la cronología principal de las investigaciones, así como los eventos más significativos y los investigadores más activos de este campo.

- **1920** Aparece la aptitud "mecánica" o "práctica" separada del coeficiente G (inteligencia general) de Spearman (Smith, 1964).
- **1940-1952.** Multiplicidad del factor espacial (Slater, 1940; Guilford and Zimmerman, 1947; Guilford y Lacy, 1947; Thurstone, 1950; French, 1951; Guilford, Fruchter y Zimmerman, 1952).
- **1957** Reducción a dos únicos factores (Michael, Guilford, Fruchter y Zimmerman, 1957) Spatial Visualization y Spatial Orientation.

Una clasificación más detallada de los distintos factores en los que se subdivide la habilidad espacial nos muestra la dificultad de decantarnos por uno solo de estos modelos, ya que diferentes autores nombran de distinta manera cosas parecidas o engloban varios de los subfactores en uno sólo.

### Primeros trabajos: El factor espacial aparece ligado a la aptitud mecánica.

- **Kelly (1928)** identifica un factor espacial y lo describe como la manipulación mental de formas.
- **Brown & Stephenson (1933)** encuentra que dos test en particular tienen una carga importante de factor espacial (Paper-form-board test y test de percepción de puntos).
- **Kousy (1935)** Identifica un factor de grupo (K) entre 28 test y concluye que el proceso mental para resolver ese factor era "la habilidad de obtener y la facilidad de usar las imágenes mentales".
- **Smith (1938)** obtiene una conclusión parecida a la anterior.
- **Murphy (1936)** La habilidad mecánica incluye dos factores: Velocidad coordinación ojo-mano y manipulación mental de relaciones espaciales.

## **Estudios posteriores: se encargan de investigar las componentes principales del factor espacial.**

Como veremos la nomenclatura de las componentes espaciales es a veces confusa. Algunos investigadores, utilizan siglas ya existentes para las variables conocidas y nombres numéricos para las desconocidas.

Esto puede inducir a confusión, por lo que en la medida de lo posible he puesto entre paréntesis la interpretación más cercana de dichas siglas alfanuméricas. De todas maneras, lo importantes es ver cómo a lo largo de la historia, los investigadores no se han puesto de acuerdo en el número de componentes principales del factor espacial.

Nosotros, aceptaremos como buenos, el último estudio [22], basado en meta-análisis de los trabajos anteriores, entendiendo que posiblemente el debate acerca del número de componentes no está cerrado.

- La primera evidencia clara de la existencia de las habilidades espaciales resultan de un extenso estudio realizado por **L.G. Humphreys de la Army Air Force (AAF) (Guilford & Zimmerman, 1947)**. Después de administrar miles de test se obtuvieron dos factores:
  - *VZ (Spatial Visualization)*  
La habilidad de imaginar la rotación de objetos, el plegado y desplegado de formas planas, el cambio de posición de objetos en el espacio o el movimiento de piezas de mecanismos.
  - *SR (Spatial Relation)*  
La comprensión de la situación de los elementos dentro de un estímulo visual
- **1947 Guilford & Lacey**. Indentificaron **cuatro factores** (diferentes matemáticamente de los de Thurstone)
  - *Vz (Visualizacion)*
  - *SR (Relaciones espaciales)*
  - *S2* (factor diferentes de los detectados en el estudio de la AAF y semejantes a los de Thurstone)
  - *S3* (factor diferentes de los detectados en el estudio de la AAF y semejante a los de Thurstone)
- **Thurstone (1950)** encontró algunas habilidades primarias y las denominó:
  - *S1*  
Habilidad de reconocer la identidad de un objeto cuando es visto desde diferentes ángulos.
  - *S2*  
Habilidad de imaginar movimientos o desplazamientos internos entre las partes de un objeto mayor.
  - *S3*  
Habilidad de pensar acerca de relaciones espaciales en las cuales la orientación del cuerpo del observador es una parte esencial del problema.
- **1951 French**
  - *V1 (Visualization factor)*  
Habilidad de manipular mentalmente objetos tridimensionales.
  - *SO (Spatial Orientation)*

Habilidad de no confundirse por cambios de orientación en el esquema visual.

- **1951 French, Ekstrom y Price**
  - *Vz (Visualization)*  
Habilidad de manipular o transformar la imagen espacial en otros arreglos u orientaciones diferentes
  - *SO (Spatial Orientation)*  
Habilidad de percibir modelos espaciales y de mantener la orientación con respecto a objetos en el espacio
- **1952 Guilford, Fruchter y Zimmerman** demuestran la existencia de por lo menos dos factores:
  - Visualization factor
    - Habilidad de manipular elementos mentalmente
  - Orientation Factor
    - Habilidad de determinar la orientación espacial de objetos con respecto a uno mismo.
- **1963 French, Ekstrom y Price.** Identifican **tres factores**:
  - *Vz (Visualización, análogo al de de Guilford).*
  - *SO Orientación Espacial* (combinación de SR Guilford y S1 de Thurstone).
  - *SS Spatial Scanning.*
- **1971 Honr y Catell** sitúan el **factor Vz** en el segundo escalón jerárquico, con la etiqueta de **Gv o pv**.

### Estudios posteriores a 1980

Los últimos trabajos realizados sobre las habilidades espaciales se han centrado en realizar meta-análisis sobre los estudios anteriores, recopilaciones o nuevas clasificaciones y agrupaciones de las componentes de la visión espacial.

- **1983 Eliot y Smith:**
  - Recopilación de más de 200 instrumentos de medida (test) utilizados en investigaciones de las capacidades espaciales.
  - Dos categorías de habilidades espaciales
    - Relaciones Espaciales
    - Visión Espacial
- **1984 Pellegrino et all**
  - Dos categorías de habilidades espaciales
- **1985 Meta-analysis de Linn and Petersen:**
  - Revisión de los test dedicados a medir visión espacial.
  - Tres categorías de habilidades espaciales:
    - Percepción Espacial.
    - Rotación Mental.
    - Visualización Espacial.
- **1989 Baenninger and Newcombe:**
  - Según este autor, las habilidades espaciales son difíciles de cambiar.
- **1992 Clements y Batista**
  - Dos categorías de habilidades espaciales
    - Relaciones Espaciales
    - Visión Espacial

Para nuestro trabajo, aceptaremos como clasificación operativa aquellas que subdividen las habilidades espaciales en dos subcomponentes. Nos decantaremos por esta opción por su simplicidad y porque podremos medir cuantitativamente mediante los instrumentos adecuados los valores de dichas subcomponentes. Algunos investigadores recientes [22], también adoptan esa clasificación para sus estudios.

Es importante señalar que entendemos que el debate acerca del número de componentes no está cerrado y que cada investigador en este campo tendrá que decantarse por una composición de las habilidades espaciales para poder realizar sus estudios.

## 2.4. La relación de las habilidades espaciales con la Ingeniería

Aunque la mayoría de las personas establece una conexión intuitiva entre esos dos conceptos [49], resulta interesante hacer una revisión bibliográfica que nos permita comprobar si dicha intuición está avalada por algún estudio contrastado.

Por otra parte, los ingenieros han investigado sobre la visión espacial casi desde los primeros momentos en los que se definió dicha componente de la inteligencia, por lo que en este apartado también vamos a realizar un pequeño recorrido por las primeras investigaciones en esta área, hasta situarnos en la última década del siglo XX que comentaremos con más detalle en otro apartado de la tesis.

Al iniciar la tesis, surgieron algunas preguntas que queríamos resolver:

- ¿Quién ha dicho que existe relación entre las habilidades espaciales y la ingeniería?
- ¿Qué estudios hay que indiquen que éste es un campo de trabajo importante para los ingenieros y que justifiquen la existencia de esta tesis?

Al revisar la bibliografía, me sorprendió encontrar siempre una referencia implícita al hecho de que los ingenieros necesitan la visión espacial para su labor profesional. En general los artículos que hablan del tema, citan otros artículos que a su vez citan otros, pero me resultaba difícil encontrar el origen de dicha afirmación [44],[46],[67],[72]. Tuve que retroceder hasta los primeros estudios a principios del siglo XX para encontrar las referencias que estaba buscando y para mi sorpresa dichos informes correspondían o bien a la Armada Americana o bien a las oficinas de empleo de Estados Unidos o Gran Bretaña. Los estudios realizados por ingenieros se reducen a alguna encuesta y una vez más a la "sensación" de que existe algo llamado "visión espacial" que es necesario para el correcto desempeño de la profesión de ingeniero [49].

El uso de test de inteligencia con fines de selección se utilizó por primera vez en EEUU en el año 1917. El objetivo de los mismos era seleccionar las personas que iban al ejército así como filtrar a los inmigrantes que acudían en masa al país. (Goddard, Terkes, Otis, 1917, EEUU).

A principios del siglo XX, antes de que apareciera el concepto de visión espacial, una de las componentes secundarias de la inteligencia era la denominada inteligencia mecánico-práctica. Los primeros trabajos que se realizaron para determinar la influencia de la inteligencia en el desempeño laboral asociaron dicha componente con el trabajo en talleres. Aunque no se refiere exactamente al trabajo en ingeniería podríamos considerar dicho estudio como el primero que asocia nuestra profesión con alguna habilidad relacionada con la inteligencia. (Paterson et al., 1930) Estudio de habilidades mecánicas. La batería de test espaciales (Minnesota Paper Form Board, Spatial Relation y Packing Block Test) demostró que existía correlación entre la visión espacial y el éxito laboral en profesiones asociadas a talleres).

Por esta misma época, en Estados Unidos, se envió un cuestionario a 200 ingenieros de diseño norteamericanos para investigar los parámetros más relevantes de su profesión. El resultado del cuestionario fue que las habilidades espaciales se catalogaron como imprescindibles para el trabajo del ingeniero (El cuestionario se denominaba "The Value of Engineer of Power to Visualize" y se realizó en 1930)

Durante los años 40, a consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, la armada norteamericana realizará importantes contribuciones al campo de los test de inteligencia. En estos años, los mejores investigadores trabajaban para el ejército y dispusieron de miles de reclutas para probar empíricamente sus teorías. Es en estos años cuando se avanza decisivamente en la comprensión del factor espacial.

Sin embargo, todavía a mitad del siglo XX, no he encontrado ningún estudio que relacionara empíricamente la profesión de ingeniería con la habilidad espacial. Los primeros estudios de los que tengo conocimiento en este sentido, los realizó la oficina de empleo de Estados Unidos. Dicha oficina utilizó los test para clasificar las posibles ofertas que ofrecía a los demandantes de empleo (**U.S. Employment Services (1957) En un informe, dicha agencia, se relacionan los buenos resultados en los test de habilidades espaciales con la conveniencia de asignar empleos en las ramas de Ingeniería, Ciencia, Dibujo y Diseño**).

Años después otro autor americano (Smith 1964) escribe un artículo donde establece definitivamente esa relación. Demostró correlación entre los test de habilidades espaciales y el éxito en las carreras técnicas. (Geometría, construcción e ingeniería)

Por lo tanto, en los primeros estudios, los test espaciales eran considerados más útiles que los verbales para predecir el éxito en escuelas técnicas. Ésta, es la razón por la que los test espaciales han sido utilizados durante mucho tiempo para este propósito.

## **2.5. Estudios sobre habilidades espaciales realizados por ingenieros**

Como hemos visto, durante la primera mitad del siglo XX se desarrolló el campo de medición de la inteligencia, así como la comprensión de la estructura de la misma. La habilidad espacial queda englobada como una componente (secundaria o primaria dependiendo de la escuela de pensamiento, pero inequívoca).

Las investigaciones llevadas a cabo en estos años son realizadas por psicólogos y por organismos como el ejército o la oficina de empleo de Estados Unidos. Ambas instituciones estaban muy interesadas en poder relacionar las habilidades intelectuales con los puestos de trabajo.

Mientras ocurría esto, ¿Qué hacían o que pensaban los ingenieros al respecto?

En los primeros años, a través de asociaciones nacionales como SPEE (Society for the Promotion of Engineering Education) en 1928 y ASEE (American Society for Engineering Education) en 1953, estimularon a los ingenieros a investigar la relación existente entre habilidades espaciales e ingeniería. Debido a que el campo de estudio no estaba maduro, así como a las dos guerras mundiales, en la primera mitad del siglo no se obtuvieron resultados concretos.

Un investigador muy activo de esa primera etapa es Claire V. Mann (1937) que puso en marcha un estudio de larga duración en varias universidades norteamericanas con el objetivo de encontrar la relación entre visión espacial y éxito profesional en ingeniería. Estos estudios nunca publicaron resultados, posiblemente debido a las guerras mundiales y al cambio de orientación en los intereses de los investigadores. Los trabajos de este investigador fueron utilizados por la armada norteamericana durante la Segunda Guerra Mundial.

He querido destacar sólo este primer investigador, para a continuación hacer un breve recorrido por el trabajo realizado por ingenieros desde principios del siglo XX hasta mitad de los años noventa. Tomando como base el artículo de recopilación bibliográfica de Craig L. Miller (1996)[20], he realizado un breve resumen de las aportaciones más importantes, aparecidas en la revista Engineering Design Graphics Journal.

Para clarificar y situar las investigaciones en habilidades espaciales, en cada década, se ha incluido un esquema de los avances producidos en este campo, con el siguiente formato:

**A la izquierda** están los trabajos realizados desde el campo de la psicología o por instituciones ajenas al mundo de la ingeniería.

He mezclado los avances en el estudio de la estructura de la inteligencia con los avances en la definición del concepto de habilidad espacial, puesto que dicha investigación se realizó simultáneamente en la primera mitad del siglo XX.

Es importante ver como las dos escuelas principales (la Estadounidense representada por Thurstone y la inglesa representadas por Spearman), proponen componentes de la inteligencia parecidos pero sin llegar a ser coincidentes. Esto da lugar a multitud de referencias cruzadas y a una labor difícil en el área de ingeniería, ya que es difícil desde nuestra especialidad decantarse por un modelo psicológico.

En los años sesenta aparecen modelos de inteligencia integradores y herramientas de medición ampliamente difundidas. Es en ese momento cuando los ingenieros investigadores empiezan a plantearse aportar sus propios estudios, utilizando las herramientas de la psicología.

Por ese motivo, he incluido también la fecha de aparición de los dos test que se han elegido en la tesis para medir las habilidades espaciales, con el objetivo de situar en el contexto histórico todos los elementos teóricos que componen este trabajo

**A la derecha**, las contribuciones realizadas por ingenieros (extraídas del artículo antes mencionado de Millar [20]).

- **Primera etapa (hasta 1920)**

En esta etapa se establecen las primeras definiciones de inteligencia (Spearman) y aparece el concepto de factor mecánico-práctico como uno de los componentes específicos de la inteligencia.

Los trabajos realizados en esta etapa son llevados a cabo por psicólogos y médicos. Sirven para sentar las bases de los test de medición de inteligencia.

## Evolución del estudio de la inteligencia y las habilidades espaciales

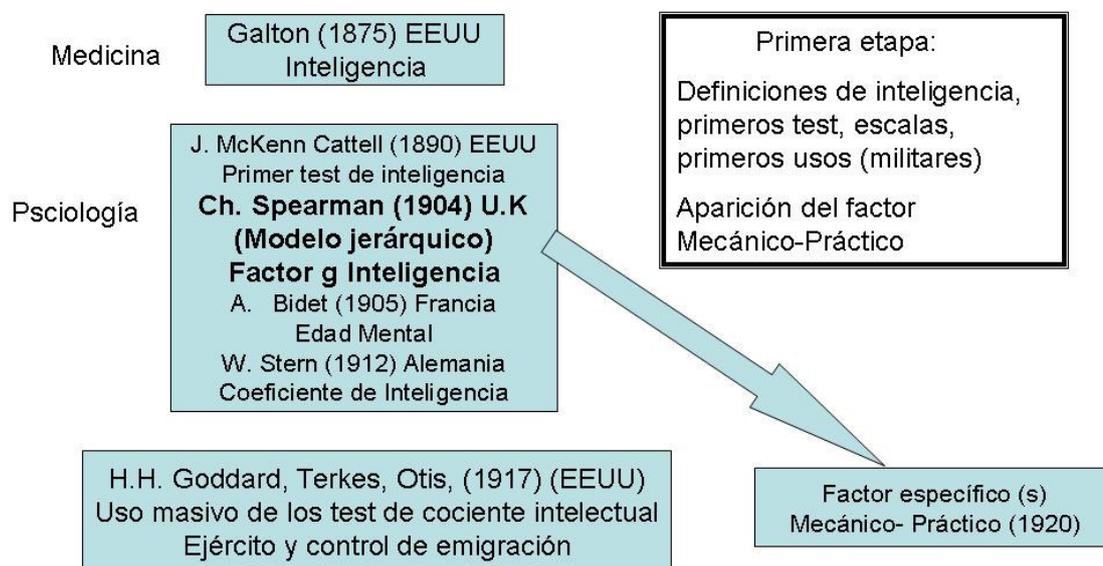


Figura 2 Estudios sobre inteligencia primeras etapas, hasta 1920

### • 1920-1940

- En 1928 la SPEE (Society for the Promotion of Engineering Education) crea la división de Dibujo en Ingeniería con cuatro comités:
  - Objetivos y ámbito de los cursos de Dibujo en Ingeniería.
  - Objetivos y ámbito de los cursos de Geometría descriptiva.
  - Proyectos de investigación en el área.
  - Talleres de verano para profesores.
- En 1937 se empieza a publicar y a investigar sobre el área. Claire V. Mann perteneció al comité de visualización de la revista "Journal of Engineering Drawing" y realizó un estudio con el objetivo de determinar la relación que podía existir entre el resultado de los test de visualización y el desempeño en ingeniería. Este comité se encargó de pasar el test a muchos alumnos y realizar un seguimiento de sus años posteriores. En 1938 muchas universidades estadounidenses estaban en el programa y los test que pasaban eran:
  - Wright's Drawing Test.
  - Mann's Drawing aptitude Test.
  - Mann's Dynamicube Test.
  - Mann's Staticube Test.
  - Mann's Mutilates Cube Test.
- Los trabajos del comité se basaban en un cuestionario ("The Value to the engineer of power to visualize") de 1930 enviado a 200 Ingenieros de Diseño en EE.UU que concluía que la habilidad para visualizar era indispensable para el trabajo del ingeniero
- El resultado de esta primera investigación se presentó en junio 1938 en SPEE. Se propuso seguir el estudio cinco años más.

- No se publicaron resultados posteriores
- Maurice Grancy (1938) de la universidad de Purdue, realiza una investigación para tratar de determinar la relación entre los resultados de los test de visión espacial y el éxito en los estudios de ingeniería. Como resultado no encontró correlación.
- Hasta este momento, el foco de investigación fue por lo tanto, los test y su posible correlación con el éxito en ingeniería.

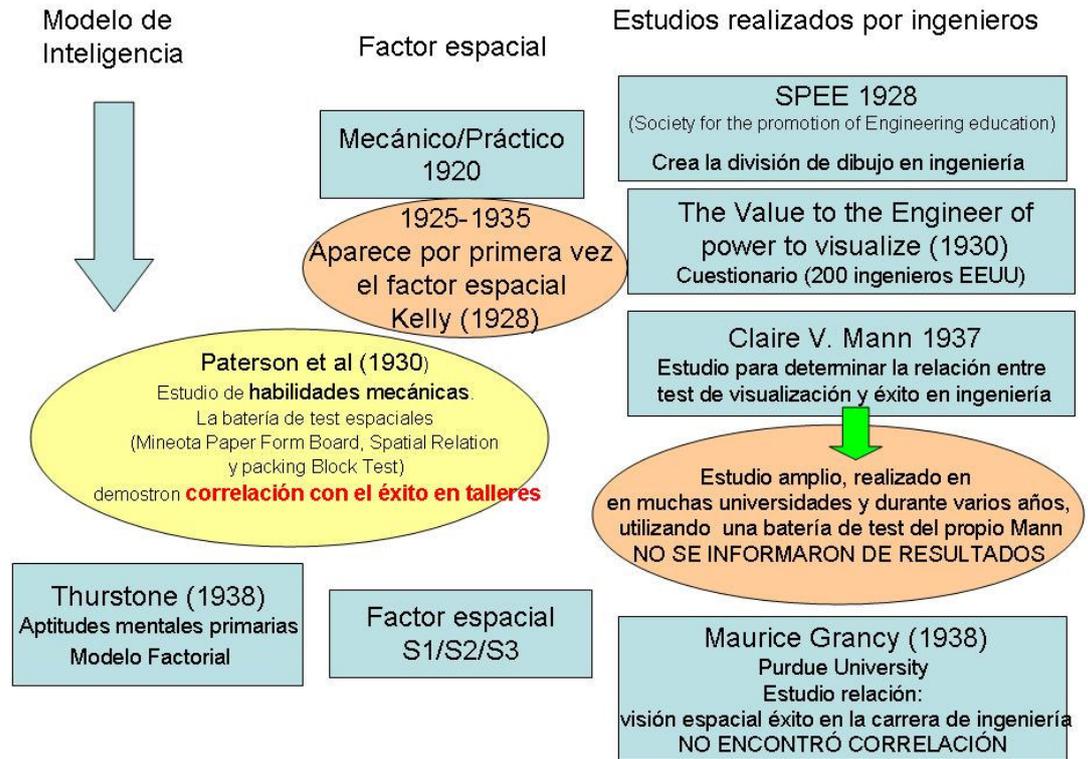


Figura 3 Estudios realizados de 1920 a 1940

- **1940-1950 (II Guerra mundial)**

- Los esfuerzos se centran en el desarrollo de los programas de ingeniería orientados a mejorar la visión espacial, pero se investiga muy poco sobre el tema.
- Mary Plumb Blade (1949) (Experiment in visualization) es la primera cuyos estudios están basados en las investigaciones psicológicas sobre habilidades espaciales.
  - Solicitaba medir la habilidad de los estudiantes y buscar correlaciones entre los resultados y el éxito como ingenieros. Observó la diferencia entre hombres y mujeres en los resultados de los test.
  - Entre sus conclusiones destaca que el factor motivación era lo más importante para desarrollar la visión espacial.

## Evolución del estudio de la inteligencia y las habilidades espaciales 1940-1950

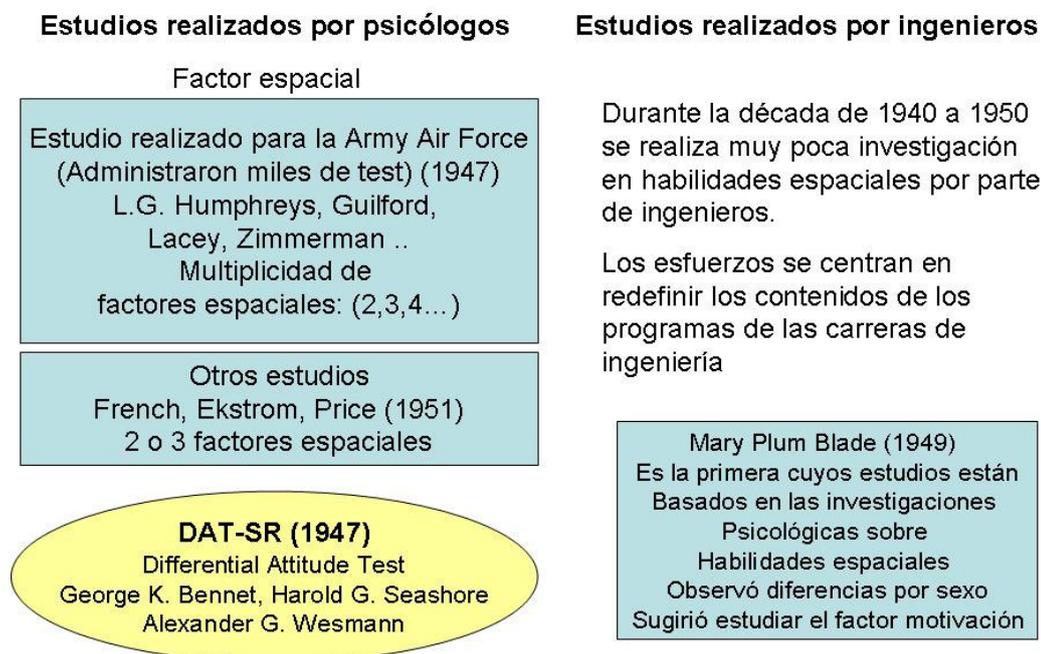


Figura 4 Estudios realizados de 1940-1950

### • 1950-1960

- En esta década se revisa el curriculum de un ingeniero, pero no tanto la importancia de la ingeniería gráfica en el curriculum del ingeniero.
- ASEE (1953) (American Society for Engineering Education) estaba pidiendo que se enfatizaran las habilidades de visión espacial (dirigidas a bocetado e interpretación de planos), pero en esta década se realizó menos investigación en este campo que en otras áreas. Debido a esto en los siguientes 20 o 30 años, las asignaturas de ingeniería gráfica redujeron sus contenidos o desaparecieron de los programas
- R.R. Worsencroft's (1955) realiza el estudio "The effects of training on the Spatial Visualization Ability of Engineering Students". Es uno de los pocos trabajos de la década y tiene como objetivo medir estadísticamente la mejora de habilidades espaciales durante el primer año de ingeniería y compararlo con otras carreras.
  - Utiliza el "Spatial Relation Test".
  - Conclusiones:
    - Los estudiantes de ingeniería poseen más habilidad espacial que los no ingenieros.
    - Para los no ingenieros, no hay mejora de las habilidades espaciales.
    - Los estudiantes de ingeniería mejoran sus habilidades espaciales durante el curso.
    - Los estudiantes de ingeniería cursaron en el instituto talleres y asignaturas de dibujo.

- Como la mejora de habilidades espaciales no era muy significativa, el estudio concluye que el punto más importante era los cursos de dibujo a los que asistieron.
- RR Worsencroft (1957) en "Objetives of Engineering Drawing in Engineering" especifica los objetivos de un curso de Expresión Gráfica en Ingeniería
  - Desarrollo de las habilidades de visualización espacial.
  - Proyecciones ortográficas.
  - Normativa de dibujo técnico.
  - Desarrollo aceptable de técnicas de dibujo.
- Hace referencia al mensaje de la ASEE (1953) e indica que solo la Expresión Gráfica en Ingeniería parece relacionada con la mejora de las habilidades espaciales. También referencia a Thurstone y utiliza sus tres factores y su referencia con el dibujo en ingeniería.

## 1950-60

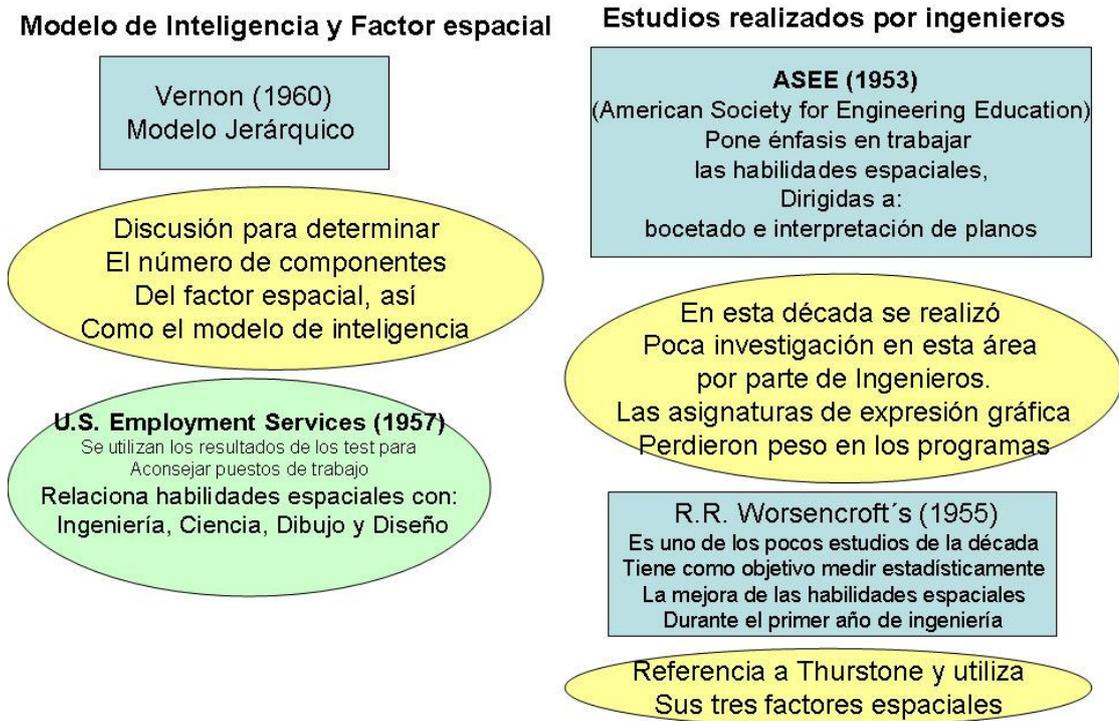


Figura 5 Estudios realizados 1950-60

### • 1960-70

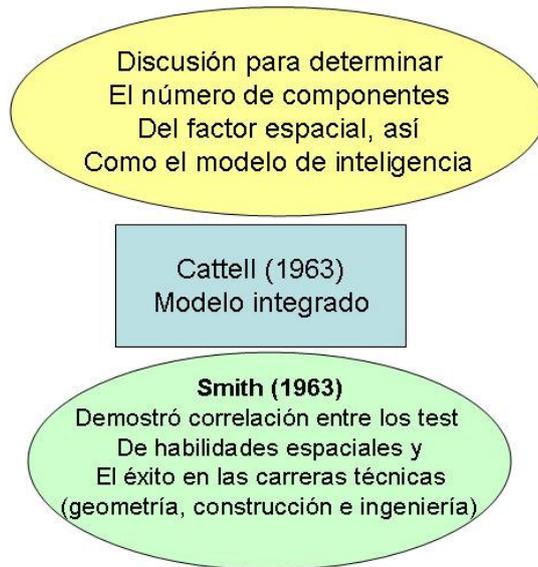
- Desde 1967 hasta 1976 no hay ni un solo artículo de investigación sobre visión espacial publicado en Engineering Design Graphics Journal.
- Mary Blade en un editorial en la revista Engineering Design Graphics Journal en 1963 solicita a los profesores que modernicen

sus programas y centren sus esfuerzos en desarrollar la visión espacial

## 1960-70

### Modelo de Inteligencia y Factor espacial

### Estudios realizados por ingenieros



Década perdida.  
No hay investigación en este campo.

**Desde 1967 hasta 1976 no hay ni un solo artículo de investigación sobre visión espacial publicado en Engineering Design Graphics Journal.**

Mary Blade (Editorial de la revista en 1963) solicita a los profesores que modernicen sus programas y centren sus esfuerzos en desarrollar la visión espacial

Figura 6 Estudios realizados 1960-70

### • 1970-80

- La investigación en Visualización Espacial resurge a partir de mediados de los 70. Los artículos empiezan a estar influidos por la investigación psicológica sobre el tema.
- El primer artículo (1976) referido directamente a ella es una reimpresión de un artículo de 1913 de Thomas E. French que trataba sobre la importancia de las habilidades espaciales. Este artículo titulado "The Education Side of Engineering Drawing" habla expresamente del lenguaje gráfico en la ingeniería (visual) y lo compara con asignaturas como geometría descriptiva donde es difícil hacerse una imagen mental de los procesos.
- Los siguientes artículos describen la importancia de las habilidades espaciales para los estudiantes de ingeniería y la sitúan como un objetivo central de la ingeniería gráfica
- Paul DeJong (1977) en "Fact or Fiction" describe un experimento piloto (29 semanas) centrado en visualización. Se plantea cuatro preguntas básicas:
  - ¿Aumenta la visión espacial de los alumnos durante el curso?
  - ¿Pueden encontrarse ejercicios específicos que ayuden a mejorar la visión espacial?
  - ¿La mejora de la visión espacial, es garantía de obtener mejores calificaciones al final de curso?

- ¿Pueden los ejercicios de visión espacial servir de motivación para los cursos básicos de Expresión Gráfica?

Utilizó modelos de piezas reales, así como el Multiple Aptitude Test of Segal and Raskin para medir los resultados y observó lo siguiente:

- Los alumnos que han seguido un curso de Expresión Gráfica mejoran las habilidades espaciales más que aquellos que no lo hicieron
  - Los estudiantes disfrutaron con los ejercicios de visión espacial y los calificaron como útiles.
  - Charles Newlin (1979) en "The total Concept of Graphics and Design in the Engineering Curriculum" incluye el diseño asistido por ordenador y el bocetado a mano como herramientas para la mejora de la visión espacial.
- **1980-90**
    - Hay otro parón en la investigación en la primera mitad de esta década.
    - Deloss Bowers (1986) en "Cognitive Processing and Teaching of Engineering Graphics" presenta las teorías sobre el lado izquierdo y derecho del cerebro, así como experiencias realizadas en la universidad de Arizona.
    - Jon Jensen (1986) en "The impact of Computer Graphics on instrucción in Engineering Graphics" resume una encuesta donde personas del mundo académico y de la industria indican 14 aspectos fundamentales para el ingeniero. Todos coinciden en que la visión espacial es el aspecto fundamental para el éxito profesional.
    - S.E. Wiley (1989) en "Advocating the Development of Visual Perception as a Dominant Goal of Technical Graphics Curricula" indica que la investigación en visión espacial peca de falta de investigación base. En general los ingenieros hablan de visualización, pero no tienen un conocimiento sólido de ese campo. En su artículo comenta que el ingeniero no debe contentarse con los ejercicios de Dibujo en Ingeniería, sino que hay que empezar con modelos reales, pasar a fotografías de las vistas de un objeto, después dichas vistas dibujadas en 2D y finalmente una representación isométrica en 3D.
    - J. Shahan y R. Jenison (1989) en "Time for a change?" se preguntan si los métodos basados en ordenadores deberían complementar los métodos tradicionales.
    - G.R. Bertoline y D.C. Miller (1990) en "A visualization and Ortographics Drawing Test using the Macintosh computer" evaluaron un test que sirve a la misma vez para evaluar y ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades espaciales.
    - S.E. Wiley (1990) en "Computer Graphics and the development of visual Perception in Engineering Graphics Curricula" presenta un modelo de programa que sirve para desarrollar la percepción espacial en un sentido amplio. También realiza un programa de contenidos desarrollados por ordenador. Todos parten del objeto real y terminan con representaciones 3D. Indica que posiblemente trabajar con modelos sólidos 3D y con animaciones ayudaría al desarrollo de la visión espacial.

## 1970-90

### Modelo de Inteligencia y Factor espacial      Estudios realizados por ingenieros

Los artículos empiezan a estar influidos por la investigación psicológica sobre este tema

#### TEST MRT (1978)

Desarrollado por Vanderberg y Kuse  
Basado en los trabajos de  
Shepard y Mezard (1971)

El primer artículo (1976) referido directamente a ella es una reimpresión de un artículo de 1913 de Thomas E. French que trataba sobre la importancia de las habilidades espaciales. (The Education Side of Engineering Drawing)

Habla expresamente del lenguaje gráfico de ingeniería (visual) y lo compara con asignaturas como geometría descriptiva donde es difícil hacerse una imagen mental de los procesos.

Los siguientes artículos describen la importancia de las habilidades espaciales para los estudiantes de ingeniería y la sitúan como un objetivo central de la ingeniería gráfica

#### Linn & Petersen (1985)

Meta-análisis de los test  
De visión espacial  
Determinan tres categorías de  
habilidades espaciales  
**Percepción espacial**  
**Rotación mental**  
**Visualización Espacial**

Figura 7 Estudios realizados 1970-1990

#### • 1990-1996

- W. J. VanderWall (1991) comprueba que el uso del video no genera mejores resultados en visión espacial que los conseguidos con métodos tradicionales.
- C.L. Miller y G.R. Bertoline (1991) [21] en "Spatial Visualization Research and Theories: Their importance in the development of an engineering and technical Design Graphics Curriculum model" indican que se debe avanzar más allá del modelo tradicional y basar los estudios en las investigaciones realizadas en psicología, arte, matemáticas, y otras disciplinas.
- J.A. Leach (1992) en "Utilization of Solid Modeling in Engineering Graphics Courses" afirma que el uso de modelado sólido genera habilidades espaciales que son diferentes de la de crear o leer planos de ingeniería convencionales.
- C.L. Miller (1992) en "Enhancing The Spatial Abilities of Freshman Engineering Graphics Through the use of Real and computer-aided Models" indica que el uso de modelos reales y generados por ordenador permite a los estudiantes avanzar más en visión espacial que los métodos tradicionales
- T. J. Sexton (1992) en "Effect of Spatial Visualization: Introducing Basic Engineering Graphics Concepts using 3D CAD Technology" compara modelos tradicionales (proyecciones ortogonales) con el uso de modelos alámbricos 3D. Utilizó para medir el test MRT y sus conclusiones fueron que el uso de modelos 3D no proporciona mejoras significativamente frente al método tradicional con respecto a las habilidades espaciales de los alumnos, pero es un método que sirve.

- En 1993 algunos autores empiezan a proponer el uso de realidad virtual para mejorar la visión espacial.
- R. Devon (1994) [46] en "The effect of solid modeling Software on 3D Visualization" compara trabajar con modelos alámbricos frente a modelado sólido indicando que el uso de modelado sólido mejora las habilidades espaciales más que el uso de modelado alámbrico.
- J.A. Deno [44] en "The relationship of Previous Experience to Spatial Visualization Ability" determina que las actividades no académicas tienen una importancia significativa en la visión espacial de hombres, pero no de mujeres. (utiliza el test MRT).

## 1990-

### Modelo de Inteligencia y Factor espacial

### Estudios realizados por ingenieros

**(Olkun 2003)**

Una gran cantidad de autores  
Utilizan sólo dos categorías de  
Habilidades espaciales

- 1.- Relaciones espaciales**
- 2.- Visión Espacial**

En estos últimos 15 años aparecen todas las referencias y autores que han trabajado estos temas en ingeniería.

**C.L. Miller, G.R. Bertoline,**

**T. J. Sexton, R. Devon, J.A. Deno**

**Wiebe, Sorby**

La mayoría son de Estados Unidos, y se basan en los trabajos realizados por psicólogos

Los autores incorporan en estos años el CAD, tanto 2D, como 3D y comienzan el desarrollo de:

Nuevas herramientas y ejercicios de mejora de la visión espacial

Cursos intensivos de mejora

Estudios estadísticos de correlación entre las habilidades espaciales y la ingeniería

Cambios en los contenidos de las asignaturas de expresión gráfica

Medición del efecto de cursar asignaturas de expresión gráfica en ingeniería en los valores de habilidades espaciales

Figura 8 Estudios realizados desde 1990

## 2.6. Test existentes para medición de habilidades espaciales

Debido a la dificultad de encontrar una definición aceptada por todos para el concepto de habilidad espacial, se han desarrollado multitud de test diferentes orientados a medir dicha habilidad o alguna de sus componentes principales. Al analizar la bibliografía existente se observa que hay varias líneas principales a la hora de establecer la clasificación de las habilidades espaciales y varias pruebas dominantes para obtener resultados cuantitativos de dichas habilidades.

Entre las clasificaciones más importantes se encuentra la realizada por Linn y Petersen entre 1974 y 1982 [30] que realizaron un meta-análisis sobre todos los test dedicados a medir la visión espacial y clasificaron los test en tres categorías:

- Percepción espacial:  
Habilidad de determinar relaciones espaciales a pesar de la existencia de otras informaciones que pueden distraer al sujeto.
- Visión Espacial:  
Habilidad de manipular información visual compleja cuando para producir una solución correcta se necesitan varias etapas.
- Rotación Espacial:  
Habilidad de rotar en nuestra imaginación, rápida y acertadamente figuras de dos o tres dimensiones.

A pesar de esta división en tres categorías, en estos últimos años, una gran cantidad de autores simplifican esta clasificación usando sólo dos para clasificar las habilidades espaciales [22]

- Relaciones espaciales:  
Habilidad de realizar rotaciones y comparaciones en cubos bidimensionales y tridimensionales. (Incluiría las rotaciones espaciales y la percepción espacial de la anterior clasificación)
- Visión Espacial:  
Habilidad de reconocer piezas tridimensionales mediante plegado y desplegado de sus caras.

Utilizando esta última clasificación hemos confeccionado la Tabla 1 y la Tabla 2 que presentan los diferentes test disponibles en la bibliografía, que nos permiten valorar estas habilidades.

<b>RELACIONES ESPACIALES</b>			
<b>Test</b>	<b>Nombre</b>	<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test	PMA -SR	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Cards Rotation Test	CRT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Mental Rotation Test	MRT	Vanderber y Kuse, 1976	Una versión de lápiz y papel del test de Shepard y Metzler (1971) denominado Mental Rotation Task, que utiliza objetos de tres dimensiones
Mental Cutting Test	MCT	College Entrance Examination Board. USA	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección
Generis Mental Rotación Tasks		Voyer, Voyer y Bryden, 1995	Incluye las variantes de Shepard y Metzler (1971) del test denominado Chronometric Task, y el formato se ha realizado para ordenador
Rotation of images		Duerman - Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Hay que elegir, mediante rotaciones mentales, la imagen que es idéntica a la que se presenta en el ejercicio
Left or right hand identification		Duerman - Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Imágenes de manos giradas de diferentes maneras donde el sujeto debe decidir si la imagen corresponde a una mano izquierda o derecha
Purdue Spatial Visualization Test	PSVT -R	Guay R. B, 1977	Diseñado para medir la capacidad de visualizar rotaciones en el espacio
Rod-and-frame test	RFT	Witkin y Asch, 1948	Requiere ajustar una barra a la vertical
The Water Level Test	WLT	Piaget e Inhelder, 1956	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor

Tabla 1 Valoración de las relaciones espaciales.

<b>VISIÓN ESPACIAL</b>			
<b>Test</b>	<b>Nombre</b>	<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
Paper Form Board	PFB	Likert y Quasha, 1941	Hay que decidir entre cinco opciones, cuál de los dibujos bidimensionales puede ser construido mediante un juego de fragmentos que se suministra
Differential Aptitude Test – Spatial Relations Subset	DAT – SR	Bennet, Seasharo y Wesman, 1947	Se requiere relacionar una forma tridimensional con la imagen de su desarrollo en dos dimensiones
Identical Blocks Test	IBT	Stafford, 1961	Hay que indicar qué bloque entre varias opciones, es el mismo que el estándar, dadas una serie de pistas (letras y números en las caras del bloque)
The Block Design Subset of the Weschler Adult Intelligence Scale, Intelligence Scale-Revised and the Weschler Intelligence Scale for Children		Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981	Hay que reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
Paper Folding	PF	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que indicar cuál, entre cuatro piezas desarrolladas de papel, es la misma que el modelo plegado
Embedded Figures Test (Various adult and children´s versions)	EFT and CEFT	Witkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Revised Minnesota Paper Form Board Test	RMPFB	Rensis Likert y Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados

Tabla 2 Valoración de la visión espacial.

## 2.7. Resumen

Como hemos visto, tanto la inteligencia como las habilidades espaciales han tenido un largo e intenso debate a lo largo del siglo XX. Para evitar tener la sensación de confusión, podemos hacer un pequeño resumen con los principales puntos en los que hay acuerdo unánime a día de hoy:

- La inteligencia es un concepto difícil de definir y al que se puede acceder mediante varios enfoques.
- Existe un factor general de inteligencia (g).
- Las capacidades intelectuales presentan una estructura jerárquica.
- La estructura de la inteligencia incluye una componente (sea primaria o secundaria) denominada "habilidad espacial".
- Dicha habilidad espacial se puede, a su vez, dividir en varias subcomponentes. Dependiendo de los autores se puede hablar de dos o de tres de ellas.
- La inteligencia y sus diferentes componentes se pueden medir mediante test, cuyos resultados deben ser comparables mediante una serie de escalas y coeficientes.
- Existen multitud de test que permiten evaluar las habilidades espaciales.
- Existe relación entre competencia en ingeniería y habilidades espaciales.
- Los ingenieros y en concreto aquellos vinculados a la Expresión Gráfica en la Ingeniería, han realizado desde principios de siglo múltiples investigaciones en el campo de la visión espacial.

## 3. HERRAMIENTAS APLICADAS AL DESARROLLO DE LA VISIÓN ESPACIAL

### 3.1. Introducción

Tradicionalmente la Expresión Gráfica ha utilizado el soporte de lápiz y papel para transmitir sus conceptos. Los conocimientos y habilidades necesarios para obtener una imagen gráfica en ingeniería se aprendían, mediante el uso de estos elementos y del lenguaje normalizado de la ingeniería.

Los ejercicios clásicos para aprender el lenguaje gráfico se podían dividir en dos bloques claramente diferenciados;

- Los que se realizaban mediante herramientas de dibujo (escuadra, cartabón, compás) a los que se les exigía precisión, escala... ajustados a la norma
- Los denominados croquis, dibujos a mano alzada cuya exigencia no era la precisión, sino conseguir transmitir conceptos tales como la forma o la proporción. A pesar de ser a mano alzada, siguen utilizando las normas como soporte semántico de los mismos (los conceptos de vistas normalizadas, las perspectivas...).[65]

La aparición y difusión de los ordenadores personales y sus periféricos a partir de finales de los años setenta, proporciona una nueva herramienta para el primero de estos tipos de ejercicios comentados anteriormente. Progresivamente, el uso de las herramientas CAD (incluyendo dentro de este término al software y al hardware como impresoras, ratones, tabletas...) ha ido relegando a un segundo término las herramientas tradicionales como escuadra, cartabón y compás. En una primera fase, estas herramientas CAD han sustituido las técnicas tradicionales de dibujo, sin interferir con los dibujos croquizados que se siguen realizando a mano alzada con lápiz y papel.

*¿Permiten estas herramientas CAD mejorar la visión espacial de los ingenieros?*

Cuando aparecieron estas aplicaciones, algunos autores se preguntaron si las herramientas CAD mejoraban el desarrollo de las habilidades espaciales de los ingenieros. Se hicieron algunos experimentos y se comprobó que la utilización de herramientas CAD 2D no mejoraba de manera diferencial frente a los métodos tradicionales esas habilidades, ya que en realidad sólo sustituían a la escuadra y el cartabón. [78], [16]

Sin embargo, a lo largo de los últimos quince años y muy especialmente en la última década, el avance tecnológico ha supuesto una nueva revolución para el desarrollo de la Expresión Gráfica. Por un lado, las aplicaciones CAD han empezado a trabajar con modelos sólidos en tres dimensiones así como a incorporar en sus características básicas el modelado paramétrico, las funciones inteligentes y la interrelación de bases de datos. Por otro lado, la irrupción de Internet ha generado una nueva necesidad de visualizar gráficos en la pantalla del ordenador.

Actualmente, muchos de los futuros ingenieros (sobre todo en Estados Unidos y otros países europeos) acceden a la Expresión Gráfica a través de las aplicaciones CAD tridimensionales y, también, cada día más, a través de los entornos de red y multimedia. En estos últimos años han surgido muchas herramientas que

aprovechan estas nuevas tecnologías y que se ofrecen a los estudiantes como una alternativa a los ejercicios de lápiz y papel tradicionales.

Surgen, por lo tanto, nuevas preguntas:

- ¿Permiten estas nuevas herramientas desarrollar las habilidades espaciales de los ingenieros?
- ¿Es el modelado sólido por ordenador una herramienta válida para mejorar estas habilidades?
- ¿Se pueden utilizar las nuevas aplicaciones que funcionan sobre Internet para este mismo fin?
- ¿Qué ocurre con el croquis o dibujo a mano alzada dentro de esta situación de nuevas aplicaciones dirigidas a la Expresión Gráfica?

A esta última pregunta podemos responder fácilmente, ya que, a pesar de todos los avances y de las nuevas tecnologías desarrolladas en esta última década, el croquis, el dibujo a mano alzada con lápiz y papel, no ha desaparecido.

A día de hoy, no existen (o mejor dicho, su presencia en el mercado es mínima) productos comerciales que permitan realizar de una manera electrónica el proceso de bocetar un diseño gráfico y mucho menos el de permitir realizar operaciones geométricas con él. Es en este punto en concreto, donde existe un campo más extenso por explorar, ya que casi nadie se ha aventurado en él.

El boceto, sigue siendo una herramienta fundamental en el proceso de diseño [80, 86] y aunque se hable menos de él, es fundamental para el desarrollo de las habilidades espaciales. Los ejercicios clásicos de dibujo a mano alzada, siguen repitiéndose año tras año, promoción tras promoción, porque son un medio rápido y directo de ayudar a los estudiantes a mejorar su comprensión del espacio tridimensional y su relación con las proyecciones en dos dimensiones.

En esta parte de la tesis, y partiendo de un pequeño comentario sobre los ejercicios clásicos de mejora de la visión espacial, realizaremos una breve descripción de todas estas nuevas herramientas, comentadas siempre desde el punto de vista del desarrollo de las habilidades espaciales. Nos centraremos con un poco más de detalle en las nuevas técnicas de modelado basado en bocetos (interfaces caligráficas), ya que son las únicas que tratan de reproducir electrónicamente el uso clásico de los bocetos a lápiz.

### 3.2. Ejercicios clásicos realizados con papel y lápiz

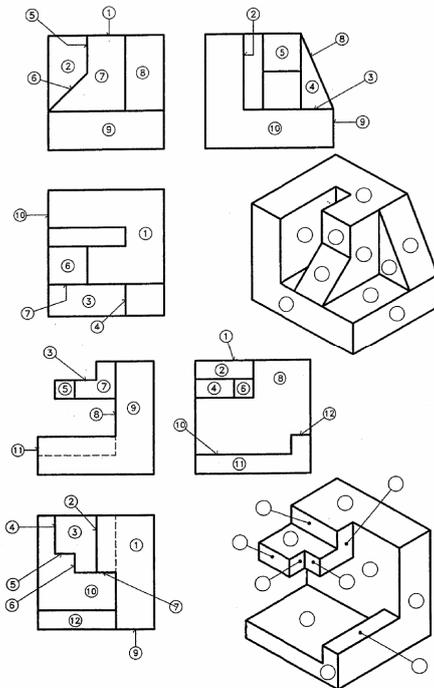
El objeto de esta tesis no es investigar sobre las técnicas tradicionales sobre lápiz y papel, sino utilizarlas como comparación de otros métodos. Por ello, no estudiaremos en profundidad estas prácticas que han demostrado que efectivamente sirven de ayuda para mejorar la visión espacial de los ingenieros.

Este tipo de ejercicios, es ampliamente conocido por los ingenieros y de una manera explícita o implícita se han llevado a cabo en los estudios de ingeniería. Dichos ejercicios sobre lápiz y papel se han considerado claves para el desarrollo de esta habilidad. Todos ellos, hacen hincapié en la relación entre tres elementos fundamentales:

- Vistas ortogonales normalizadas (2D)
- Proyecciones axonométricas (3D)
- Dibujo a mano alzada

Sin ser su objetivo principal, el esfuerzo de asociar las vistas normalizadas 2D con su representación 3D se ha utilizado, a veces, como herramienta para desarrollar la visión espacial. Existen innumerables propuestas de este tipo de ejercicios, pero nosotros hemos trabajado con tres referencias, de autores que específicamente tratan de mejorar la visión espacial de los alumnos de ingeniería mediante estas técnicas tradicionales:

- "Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial" de Teresa Pérez Carrión y Manuel Serrano Cardona. Universidad de Alicante [60]
- "Introduction to 3D Spatial Visualization" Sheryl A. Sorby. Purdue University [74]
- "Visualization, Sketching and Freehand Drawing for Engineering Design" Robert A. Raudebaugh. Western Washington University [65]



En la imagen (Figura 9) podemos ver uno de estos ejercicios clásicos extraído del libro de Teresa Pérez Carrión.

En concreto, la imagen de la figura, está compuesta por las vistas normalizadas de una pieza con las caras numeradas y una perspectiva isométrica a la cual hay que asociar el número de cada cara.

Hay varios tipos de ejercicios (dibujar la perspectiva a partir de las vistas, el inverso, es decir determinar las vistas a partir de la perspectiva...), pero todos ellos tienen en común que se realizan sobre papel y lápiz.

Este tipo de ejercicios ha demostrado su validez a lo largo de los últimos decenios, pero para los alumnos actuales, empieza a parecer un soporte pasado de moda.

Figura 9 Ejercicio clásico de mejora de la visión espacial

### **3.3. Las aplicaciones CAD como herramienta de mejora de visión espacial**

Desde que aparecieron las aplicaciones CAD, los investigadores se han planteado si su uso podía significar una mejora en el desarrollo de las habilidades espaciales. Los primeros estudios, demostraron que la utilización de programa CAD en dos dimensiones, no mejoraban sensiblemente estas habilidades. [78]

Esto es lógico, puesto que el esfuerzo de los alumnos al utilizar esos programas se centraba en ser capaces de dibujar figuras en dos dimensiones y no tanto en crear asociaciones entre el objeto tridimensional y el dibujo que se estaba realizando.

Los últimos estudios se centran en utilizar programas de modelado 3D como herramienta de mejora de la visión espacial. Las investigaciones realizadas con estos programas, indican que su utilización tiene un efecto parecido a los ejercicios clásicos en lápiz y papel. [46][68][71]

El problema cuando se utilizan las aplicaciones de CAD 3D como herramienta de mejora de la visión espacial es que el aprendizaje de la herramienta no es intuitivo. Llegar a manejar el espacio tridimensional con soltura exige muchas veces disponer de unas habilidades de visión espacial que te faciliten la tarea. Así pues la herramienta es también el problema y aunque el resultado final es comparable en resultados, no nos parece el método adecuado cuando se trata exclusivamente de mejorar la visión espacial de los alumnos.

Por lo tanto, en esta tesis, no nos hemos detenido en estas técnicas de mejora de la visión espacial, sino que hemos investigado herramientas cuya componente principal sea su facilidad de uso. Queríamos aplicaciones que cualquier alumno sin conocimientos previos de dibujo pudiese utilizar sin una formación específica.

Además nuestro objetivo era que estuviesen basadas en nuevas tecnologías, bien porque se utilizan a través de la red o bien porque utilizan interfaces caligráficas para comunicarse con el ordenador.

### 3.4. Aplicaciones accesibles a través de la Web para la mejora de la visión espacial

En este apartado vamos a realizar un recorrido por una serie de herramientas disponibles en Internet, cuya utilización permite el desarrollo de las habilidades espaciales. Dichas aplicaciones, unas veces han sido desarrolladas con el objeto específico de realizar esta misión, pero no siempre es así ya que algunas de las referencias de este apartado corresponden a juegos o a aplicaciones pensadas para el desarrollo de habilidades matemáticas.

La característica principal de estas herramientas es su libre acceso, sus entornos amigables y su facilidad de uso. Casi todas ellas, están programadas en lenguajes específicos pensados para funcionar con elementos tridimensionales y con gráficos en entornos de red. Por ejemplo, el lenguaje VMRL (Virtual Reality Modeling Language) o las aplicaciones animadas como Flash MX y otras.

La revisión de las aplicaciones existentes en la web, nos permiten suministrar a los alumnos y profesores direcciones donde acceder a programas que permitan la manipulación de objetos 3D en el espacio, así como trabajar mentalmente con ellos para obtener vistas, líneas ocultas, errores de representación ...

Existe una recopilación de dichas aplicaciones a nivel de Enseñanzas Medias, en español, en la página del Ministerio de Educación y Ciencia en el apartado de Materiales Educativos. Todos los años (hasta el 2004) se publica una memoria con los mejores desarrollos clasificados por asignaturas. Si entramos año a año en ella, obtenemos aplicaciones muy interesantes en el ámbito de la mejora de la visión espacial.

Las aplicaciones del año 2001 están recogidas en la dirección:

<http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2002/>

Cambiando el año final, se pueden ir recogiendo todas las seleccionadas por el ministerio de Educación y Ciencia español.



Las aplicaciones existentes las podemos catalogar en dos tipos, según estén orientadas a juegos o a manejo de figuras 3D y dibujo normalizado. Como es lógico algunas direcciones cambian con el tiempo y el listado que se muestra a continuación, es el que se utilizó para realizar el curso de intensificación de la visión espacial apoyado en herramientas on-line que se realizó en el curso 2004-2005 en la Universidad de La Laguna.

## A) Juegos

Algunas de las aplicaciones existentes suministran juegos o tests que se suponen ayudan a mejorar las capacidades espaciales, como por ejemplo el TETRIS en dos o tres dimensiones, o test específicos que miden la capacidad de rotar una figura tridimensional en el espacio. Estas aplicaciones son de uso general y no necesitan del conocimiento previo de las convenciones del dibujo normalizado. Como ejemplos destacados tenemos:

**Curso de interpretación de planos (Ministerio de Educación y Ciencia):**  
Permite jugar al TETRIS en 2D y 3D

<http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2003/planos/index.swf>

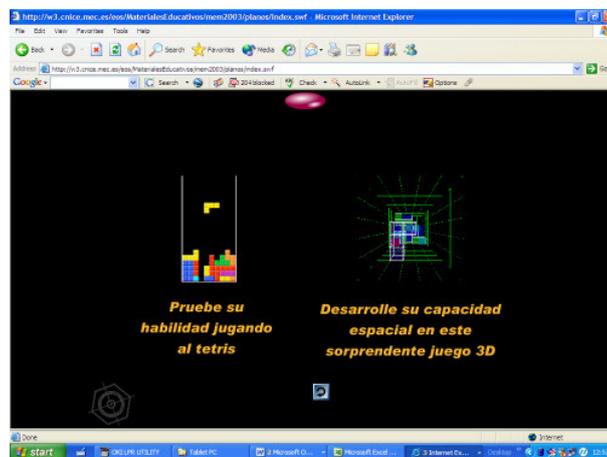


Figura 10 Curso de Interpretación de planos (M.E.C)

**Visualization Assessment and Training Home: (Pennsylvania State University)**

Permite evaluar y mejorar mediante test las capacidades espaciales

[http://www.courses.psu.edu/metbd/metbd247b\\_dqb6/VIZ/](http://www.courses.psu.edu/metbd/metbd247b_dqb6/VIZ/)

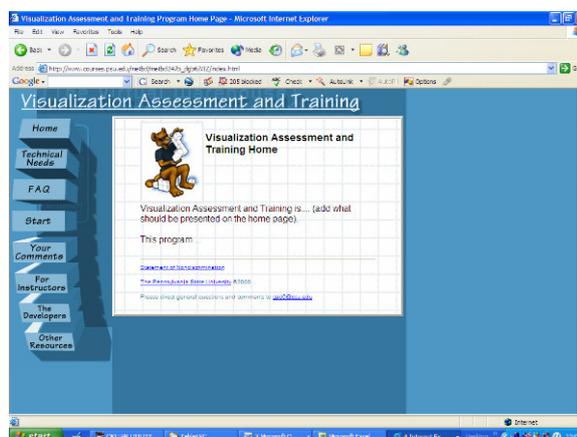


Figura 11 Visualization Assessment and Training Home: (Pennsylvania State University)

**Spatial reasoning using cubes and isometric drawings: (Está realizado en colaboración, entre la National Council of Teachers of Mathematics and MarcoPolo)** Dispone de un gran surtido de juegos para desarrollar el razonamiento espacial. Está orientado a estudiantes de matemáticas pero es igualmente válido para ingeniería [13].

<http://illuminations.nctm.org/ActivityDetail.aspx?id=125>

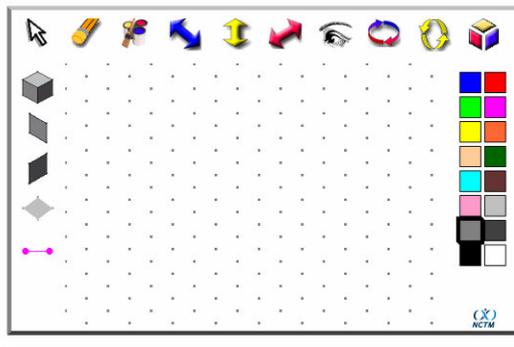


Figura 12 Espatial reasoning using cubes and isometric drawings

## B) Manejo de figuras 3D y dibujo normalizado

La mayor parte de las aplicaciones existentes permiten visualizar figuras en tres dimensiones (rotarlas, acercarlas o alejarlas, moverlas) y establecen juegos derivados del lenguaje ingenieril. Esto quiere decir que le pide al usuario que determine una vista en concreto, o que compruebe si las vistas son correctas, o que localice un punto en ellas. Se ha comprobado sin embargo, que el conocimiento que tiene que tener un alumno para poder navegar con ellas con soltura es mínimo, puesto que simplemente con la primera practica de bocetado antes comentada, el alumno es capaz de reconocer los conceptos de planta, alzado y perfil y utilizarlos.

**Curso de interpretación de planos (Ministerio de Educación y ciencia) [19]:** Permite determinar la figura correcta de acuerdo a las vistas dadas, seleccionar un plano en las vistas y asociarlo con su dibujo en tres dimensiones,...

<http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2003/planos/index.swf>

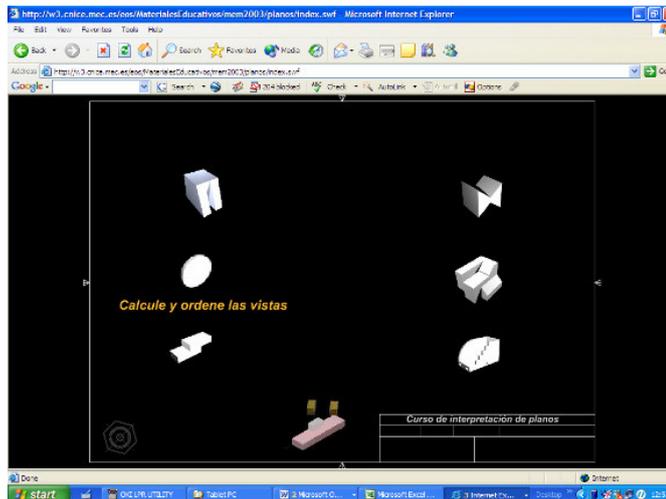


Figura 13 Curso de Interpretación de planos (M.E.C)

**Vistas (Ministerio de Educación y ciencia) [19]:** dispone de varias opciones asociadas a piezas que permiten obtener las vistas de una pieza dada su perspectiva, reconstruir una pieza a partir de sus vistas, localizar una vista dada entre múltiples opciones, seleccionar un plano en las vistas y asociarlo con su dibujo tridimensional

[http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2002/geometria\\_vistas/](http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2002/geometria_vistas/)

La dirección personal del profesor Jose A. Cuadrado V. [42] que desarrolló dicha aplicación es la siguiente:

<http://www.terra.es/personal8/jcuadr2/index3.htm>

En dicha dirección se pueden encontrar otras aplicaciones de Dibujo Técnico que son bastante interesantes, pero que se alejan un poco del tema de la visión espacial.

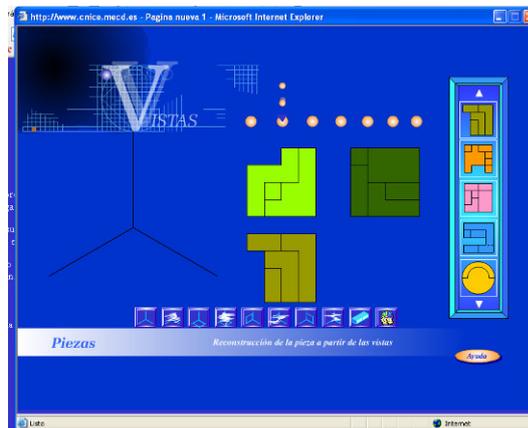


Figura 14 Vistas (M.E.C)

**Construcciones (Ministerio de Educación y ciencia) [19]:** Permite visualizar una pieza en tres dimensiones (incluye rotaciones y zoom) e imprimir los planos de las vistas para trabajar los conceptos espaciales.

<http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2001/108d/index.html>

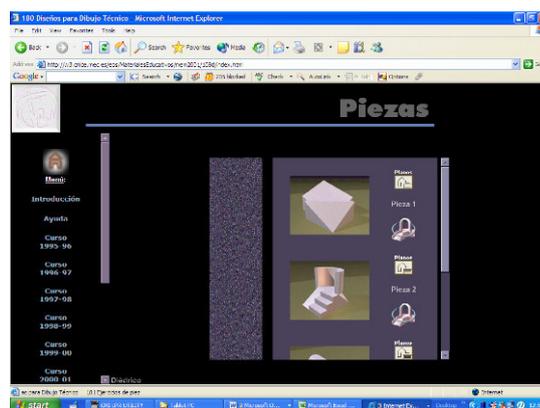


Figura 15 Construcciones (M.E.C)

### Engineering graphics games and quizzes (University Of Texas Pan-America [6]):

Dispone de un gran surtido de juegos para desarrollar la visión espacial (puzzles, ejes cartesianos en 3D, etc....)

<http://crown.panam.edu/EG/games/index.html>

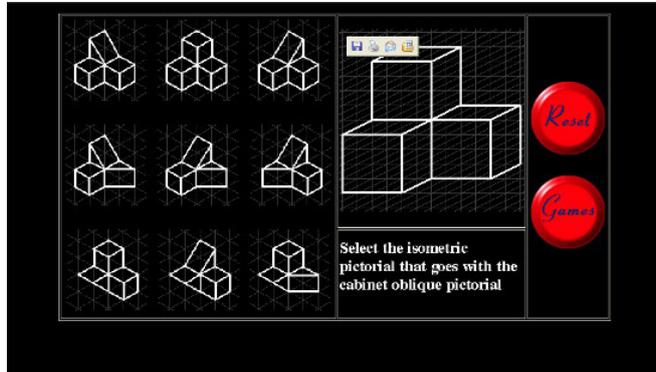


Figura 16 Engineering graphics games and quizzes

**Taller virtual de mejora de la visión especial (Universidad de Burgos) [64]:** es la versión on-line de los ejercicios clásicos de papel. Está realizado en Flash junto con lenguaje WRML, creando de esta manera un entorno muy apetecible para el alumno. Dispone de varios niveles de ejercicios.

<http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml>

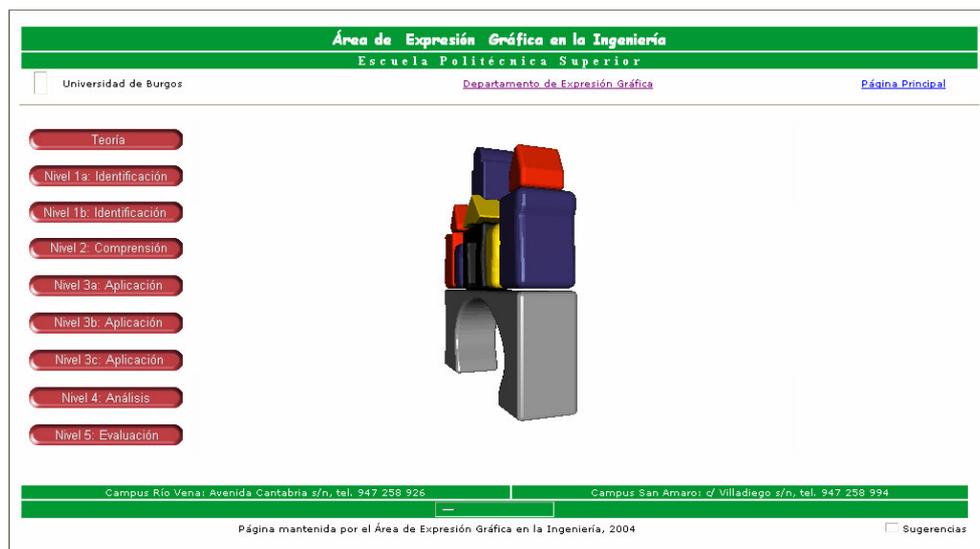


Figura 17 Taller virtual de mejora de la visión especial (Universidad de Burgos)

**Mesa de visión (Universidad de Oviedo) [45]:** Esta es una zona privada de la web del departamento de Expresión Gráfica, en la cual se tiene acceso a una serie de aplicaciones desarrolladas en Flash para la mejora de la visión espacial. Las aplicaciones son novedosas en su concepto, cercano a los dibujos animados, con el objetivo de capturar la atención de los estudiantes.

<http://aegi.eutig.uniovi.es/>

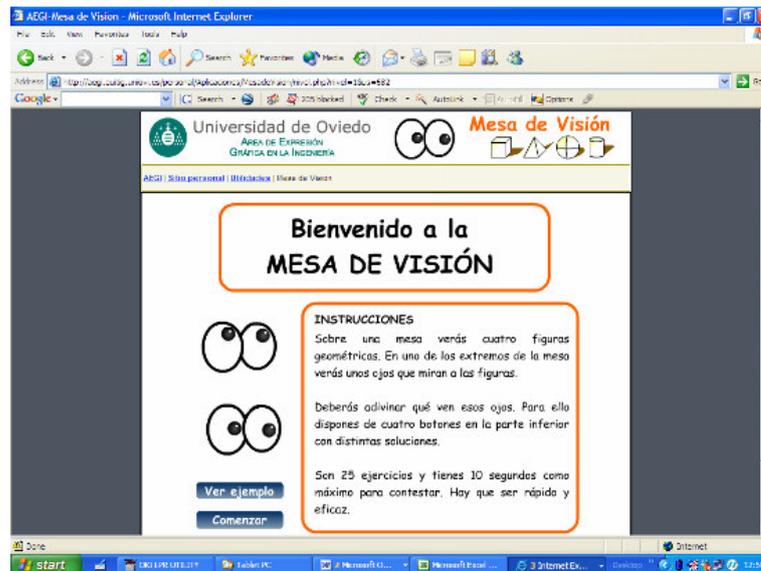


Figura 18 Mesa de visión (Universidad de Oviedo)

### 3.5. Modelado por ordenador basado en bocetos

A pesar de los avances realizados en herramientas gráficas, una de las principales maneras de dibujar es a mano alzada, mediante el uso de bocetos y croquis. Esta manera de dibujar, es una componente importante de los ejercicios clásicos de mejora de la visión espacial. Pero no es sólo eso.

En las fases iniciales del proceso de diseño, el boceto a mano alzada es una herramienta fundamental. En este punto, lo importante es proporcionar instrumentos que canalicen la creatividad del diseñador y se adapten a su modo de trabajo. El croquis o el boceto a mano alzada se ajusta a la perfección a estas necesidades.

La aparición de los programas CAD, tanto en dos como en tres dimensiones, no ha eliminado la necesidad de estos bocetos preliminares. Esto se debe a que las aplicaciones existentes y su interfaz de trabajo están pensadas para una etapa de diseño en detalle donde ya se dispone de una idea aproximada del objeto que se pretende crear.

En este sentido el desarrollo de las denominadas "interfaces caligráficas" puede ser de gran interés a la hora de desarrollar herramientas innovadoras tanto para la mejora de la visión espacial como para la asistencia al diseñador [88].

El concepto de "interfaz caligráfica" es bastante reciente, y como su nombre indica se basa en la interacción del usuario a través de un lápiz electrónico y de una tableta gráfica, como puede verse en la Figura 19.



Figura 19. Ejemplo de interfaz caligráfica

#### Elementos que componen un Interface Caligráfico:

- **Lápiz electrónico**
- **Tableta gráfica (tipo pantalla táctil)**
- **Software específico de reconocimiento**

El progresivo abaratamiento de las tabletas gráficas LCD y la aparición a finales de 2002 de los dispositivos denominados Tablet PC (Para más información ver Anexo I), que combinan las características de un ordenador portátil ultraligero con las de una tableta gráfica LCD, hacen viable, junto con los microprocesadores de elevada potencia de cálculo disponibles en la actualidad, el diseño de nuevos paradigmas de interacción, que permitan desarrollar aplicaciones más amigables, y adaptadas al mecanismo de expresión preferido por los diseñadores: el dibujo a mano alzada.

En esta línea, el grupo de investigación REGEO en el que colaboro, viene desarrollando en los últimos años aplicaciones orientadas a facilitar la labor de los diseñadores [78][84]. Dichas aplicaciones utilizadas en la docencia, pueden servir también como herramienta de mejora de la visión espacial de los alumnos de ingeniería.

En la actualidad, observamos como las interfaces gráficas de usuario (GUI) apenas han evolucionado, más allá del paradigma conocido por las siglas WIMP (Window, Icon, Menu, Pointing device). Esto supone en muchas aplicaciones relacionadas con el diseño, tanto 2D como 3D, una sobrecarga excesiva en el empleo de iconos, menús y cuadros de diálogo, que frenan en muchos casos, la expresividad e inmediatez, que requiere el trabajo del diseñador en las fases iniciales de diseño conceptual del producto.

Antes de seguir adelante con el apartado de bocetos sería interesante conocer cómo las pantallas gráficas táctiles se están imponiendo en muchos ámbitos de la vida cotidiana. En el anexo I, se ha incluido información al respecto. Dicho anexo no tiene un afán académico sino más bien divulgativo. Trata de responder, a través de extractos de artículos de periódico a una pregunta que tiene mucha importancia a la hora de continuar con este apartado.

- ¿Tienen futuro las tecnologías basadas en lápiz electrónico y pantalla táctil?
- ¿Es una línea de investigación alejada de la realidad cotidiana o es posible que en un futuro sean tan comunes como el ratón y el teclado?

### **3.5.1. Aplicaciones desarrolladas por el grupo REGEO**

Como hemos comentado en la introducción de esta tesis, una de las herramientas que se han utilizado en este trabajo, ha sido desarrollada por el grupo REGEO. ([www.regeo.uji.es](http://www.regeo.uji.es)). Es interesante, reseñar, el carácter multidisciplinar de este grupo donde en la actualidad comparte tareas investigadores ingenieros industriales, arquitectos, licenciados en Bellas Artes e Ingenieros Informáticos. Ello permite, tener diferentes puntos de vistas, sobre un problema complejo, como el de desarrollar un nuevo paradigma de interacción, que facilite la labor creativa del diseñador.

Las tareas que he desarrollado en este grupo en los últimos años se han centrado en la creación de un interface para importar los modelos sólidos bajo el formato STEP, el análisis del manejo de conjuntos mediante la aplicación D-Cube y el testeo de aplicaciones educativas basadas en modelado por bocetos.

En este apartado vamos a comentar brevemente algunos de los desarrollos realizados por este grupo en su línea de investigación de interfaces caligráficas. Uno de los objetivos es investigar nuevos escenarios de interacción, en el que se puedan codificar mediante los oportunos "gestos" de diseño, las acciones o comandos que se utilizan con más frecuencia por parte del usuario, de forma que el interfaz se simplifique al máximo, y distraiga lo mínimo posible, al usuario, de su acción creativa. En concreto, y en la línea de trabajo de Diseño 3D el objetivo es la generación de modelos de sólidos de forma sencilla a partir de bocetos en perspectiva y el posterior refinamiento de la geometría mediante "gestos" de modelado.

El trabajo realizado por el grupo se sustenta en un conjunto de elementos, como son la elección de la misma plataforma de desarrollo, en este caso Windows XP Tablet PC Edition, y el reconocedor de "gestos" implementado sobre la librería

CALI desarrollada por el grupo IMMI del INESC – ID de Lisboa [91, 109], aunque en la actualidad se está desarrollando una librería propia para la gestión de gestos.

En los últimos años se han desarrollado diferentes aplicaciones prototipo en el campo de la reconstrucción geométrica y el desarrollo de las interfaces caligráficas. Dentro de este trabajo cabe destacar las siguientes aplicaciones:

- REFER: reconstructor geométrico basado en el planteamiento del problema de la reconstrucción como un problema de optimización.
  - (Esta aplicación es el resultado de la tesis doctoral “Reconstrucción geométrica de sólidos utilizando técnicas de optimización” realizada por Julián Conesa Pastor (2001) bajo la dirección de Pedro Company Calleja y José M<sup>a</sup> Gomis Martí
- CIGRO: sistema integrado de reconstrucción de objetos poliédricos, dotado de una interfaz caligráfica avanzada [88]

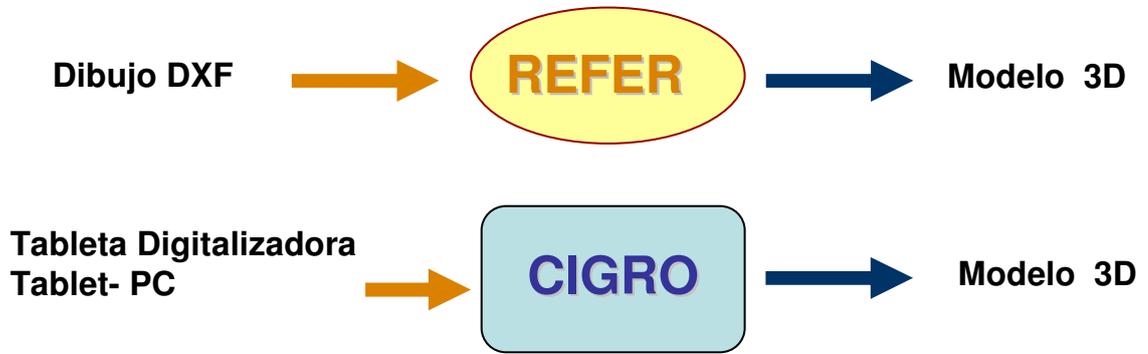


Figura 20 Esquema de entradas y salidas de REFER y CIGRO

Explotando la experiencia adquirida en el sistema REFER sobre el proceso de reconstrucción tridimensional se desarrolló un “reconstructor” geométrico razonablemente robusto que permite transformar en tiempo real de una perspectiva axonométrica en un modelo tridimensional. Como ejemplo de ello, en la Figura 21 se presenta un ejemplo de modelado con el sistema CIGRO, donde se muestra el modelo de partida (figura a), y el proceso en el que el usuario esboza nuevas aristas sobre la figura (trazos en color verde), elimina partes de arista sobrantes (borrar equivale a rayar sobre una entidad), para obtener finalmente el nuevo modelo 3D (figura g).

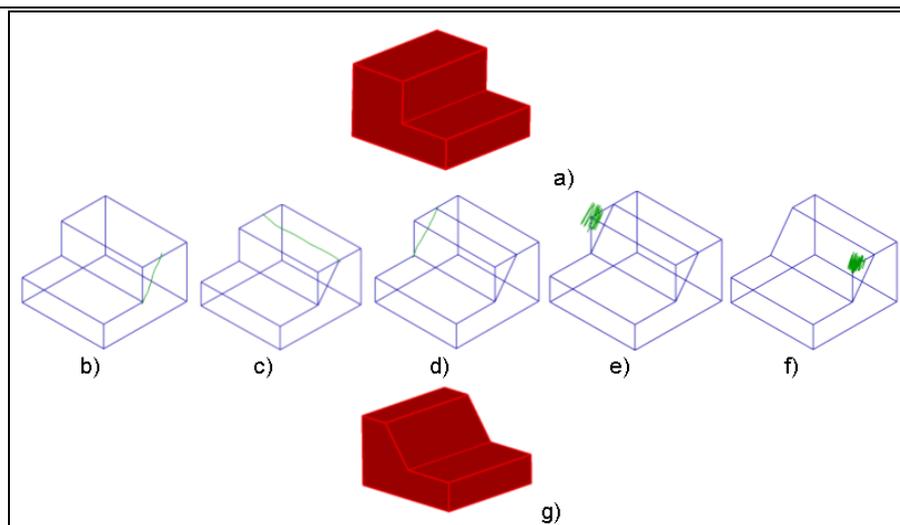


Figura 21. Ejemplo de modelado incremental con la aplicación CIGRO

Para no extendernos en las bases teóricas de las interfaces caligráficas y la reconstrucción geométrica, se ha incluido en el anexo II, un resumen de las investigaciones relacionadas con las mismas.

### 3.5.2. La aplicación eCIGRO

Como aportación de la presente tesis se planteó la cuestión:

¿Puede una aplicación de modelado basado en bocetos servir para mejorar las habilidades de visión espacial?

Para dar respuesta a esta pregunta se desarrolló una nueva aplicación denominada eCIGRO, que corresponde a una versión educativa del sistema CIGRO presentado anteriormente. Las características de eCIGRO son por lo tanto las siguientes:

- Utiliza una interfaz caligráfica (entrada de datos mediante lápiz electrónico).
- Dispone de un reconocedor de elementos geométricos 2D basado en la librería CALI.
- Permite realizar líneas auxiliares de apoyo al dibujo.
- Detección automática de los ejes principales en el espacio  $(x,y,z)$ .
- Posibilidad de reconstruir en 3D en cualquier momento el modelo, incluso aunque esté incompleto y desde ese nuevo punto de vista continuar el dibujo.
- Posibilidad de manipular mediante zooms y giros el modelo 3D.
- Posibilidad de borrar aristas mediante gestos sencillos de rallado.
- Reconocimiento de caras dinámico.
- Posibilidad de obtener las vistas normalizadas en cualquier momento del dibujo (incluso con el modelo incompleto)

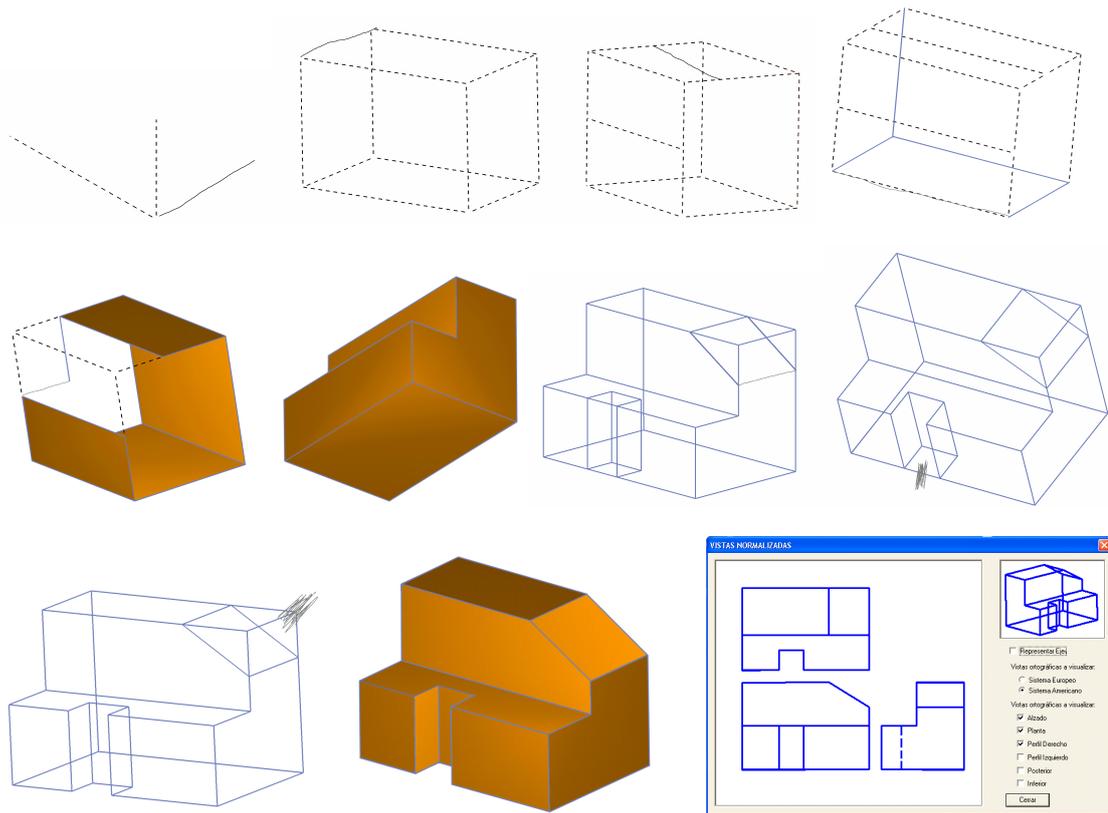


Figura 22 Proceso de construcción de un sólido mediante e-CIGRO

Mi participación en el desarrollo de eCIGRO ha estado centrada en la supervisión de las opciones que permiten obtener las vistas normalizadas de la pieza, así como de desarrollar una primera rutina (fase beta) de detección de caras en tiempo real. En la imagen podemos ver el proceso de construcción de un sólido. La aplicación reproduce la manera de dibujar de cualquier ingeniero. Esta aplicación permite por lo tanto combinar lo mejor del dibujo a mano alzada con lo mejor de las aplicaciones CAD 3D y permite a los usuarios controlar en todo momento un modelo virtual en tres dimensiones asociado a sus vistas normalizadas en dos dimensiones.

### 3.6. Resumen

En este apartado sobre nuevas herramientas aplicadas a la Expresión Gráfica hemos visto lo siguiente:

- Los ejercicios clásicos de mejora de la visión espacial se basan en el uso de las vistas normalizadas 2D y su relación con la pieza 3D
- El uso del ordenador y las aplicaciones CAD no ha eliminado el boceto a mano alzada realizado mediante lápiz y papel
- Las aplicaciones de modelado CAD 3D pueden servir para mejorar las habilidades espaciales, pero no son el objeto de este trabajo.
- Existen herramientas, basadas en nuevas tecnologías, disponibles on-line en Internet, que quizás ayuden a mejorar las habilidades espaciales
- Hoy día, las interfaces caligráficas basadas en lápiz electrónico y pantalla táctil, están presentes en muchos ámbitos de la vida cotidiana
- En Expresión Gráfica en la Ingeniería, no existen aplicaciones comerciales basadas en estas interfaces
- El grupo de investigación REGEO ha desarrollado en una de sus líneas de investigación una aplicación denominada CIGRO que permite reproducir el proceso de dibujo mediante bocetos electrónicamente y transformarlo en un modelo 3D
- Dicha aplicación podría ser utilizada para mejorar las habilidades espaciales de las personas.
- Para que la aplicación CIGRO pueda ser utilizada para realizar los modelos de ejercicios clásicos de mejora de la visión espacial, se le ha añadido la posibilidad de en cualquier momento visualizar las vistas normalizadas del boceto que se está realizando, dando paso a una versión específica denominada eCIGRO.

## **4. ESTUDIOS SOBRE HABILIDADES ESPACIALES EN EL CONTEXTO UNIVERSITARIO**

### **4.1. Introducción**

Como hemos visto, desde la década de los años 80, existe una amplia investigación realizada por ingenieros alrededor de las habilidades espaciales y las diferentes estrategias de mejora de las habilidades espaciales. Es en estos años, cuando desde el terreno de la psicología, parece existir consenso en cuanto a los aspectos más importantes relacionados con la inteligencia y en concreto con las habilidades espaciales. También se considera que para esas fechas, se han desarrollado y probado los instrumentos de medida correspondientes, por lo que desde las Escuelas de Ingeniería, y en concreto desde el área de Expresión Gráfica, se empieza a trabajar sobre este tema y a complementar los trabajos realizados por psicólogos.

La mayoría de los estudios empezaron en Estados Unidos, en universidades que ya trabajaron estos temas a principios de siglo XX colaborando con la SPEE (Society for the Promotion of Engineering Education) o la ASEE (American Society for Engineering Education). Sin embargo, por diversos motivos (guerras mundiales, falta de consenso en cuanto a las habilidades espaciales y su medición...) quedaron en suspenso hasta la década de los ochenta, fecha en la que empiezan a surgir muchos trabajos desde el ámbito de la ingeniería.

Poco a poco, el interés del tema, salta desde Estados Unidos a otros países para encontrarnos actualmente en una situación en la que es fácil detectar trabajos en este ámbito de conocimiento en todo el mundo. En concreto en España, los primeros trabajos referenciados sobre este tema son de los primeros años noventa (tesis doctoral de José Domínguez de Posada (1994) en Madrid [47]), estando actualmente dicha línea de investigación presente, de una u otra manera, en muchas universidades españolas.

Los trabajos realizados en estos últimos años han tenido varias direcciones principales, entre las que podemos destacar:

- Medición de las habilidades espaciales de los estudiantes que entran a la universidad. Estudio de los factores educativos previos que pueden condicionar esos resultados (género, experiencias previas...)
- Medición del efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica sobre el desarrollo de las habilidades espaciales de la población Universitaria. (utilizando al menos un test reconocido para justificar los resultados)
- Desarrollo de herramientas multimedia o basadas en tecnologías web dirigidas a la mejora de la visión espacial.
- Creación de cursos de intensificación de las habilidades espaciales, con el objeto de igualar el nivel de los alumnos que entran en la universidad, (ya que se detecta que algunos llegan con deficiencias en este apartado y dicha falta de habilidades puede suponer un indicador de su posible fracaso en los estudios de ingeniería)

Muchos grupos de investigación, han trabajado en varios de estos campos a la vez, pero algunos se han centrado en un solo aspecto, olvidado los demás. (Por ejemplo, hay grupos que han desarrollado herramientas de mejora de visión espacial, pero no han medido su efecto sobre la mejora de dichas habilidades). Otros grupos han mantenido sus investigaciones a lo largo de varios años, incluso

décadas, mientras que determinados trabajos son estudios puntuales que no han tenido continuidad.

Es decir que el espectro de trabajos y enfoques es amplio, por lo que a veces es difícil hacer un resumen simple de lo que ha acontecido en este campo en las dos últimas décadas. Sin embargo, por la amplitud de sus investigaciones y por la continuidad que han seguido, es interesante resaltar los trabajos realizados en la Universidad Tecnológica de Michigan, en Estados Unidos, dirigidos por Sheryl A. Sorby, quizás el grupo más activo en este campo. Sus primeros trabajos se remontan también a principios de los noventa.

También es importante señalar que existe un test, creado en la Universidad de Purdue que es bastante utilizado por investigadores americanos; el PSVT:R (Purdue Spatial Visualization Test-Visualization of Rotacion). Dicho test fue desarrollado por R.B.Guay en 1976.

Para poder hacer una recopilación de los estudios realizados, así como de los principales resultados obtenidos, nos centraremos en cada una de las líneas de investigación principales, a pesar de que como hemos comentado algunos grupos de investigación aparecerán en todas ellas.

Estas líneas las hemos clasificado en:

- Medición de Habilidades Espaciales en la población universitaria
- Medición de la mejora de las habilidades espaciales debido a cursar asignaturas de Expresión Gráfica
- Mejora de las habilidades espaciales mediante la realización de cursos de mejora.
- Desarrollo de herramientas específicas para la mejora de la visión espacial
  - Con medición de resultados
  - Sin medición de resultados

## 4.2. Medición de las habilidades espaciales en la población universitaria

Aunque se habla mucho de las habilidades espaciales, en general existen pocos estudios que nos permitan conocer el estado en el que los alumnos llegan a la universidad, así como las variables más importantes que pueden influir en los valores de visión espacial.

Los primeros estudios realizados por ingenieros datan de mitad de la década de los noventa y de ellos se extrae las siguientes conclusiones que no podemos considerar definitivas, pero que nos ayudan a comprender mejor la situación de las capacidades espaciales de los alumnos de ingeniería.

- Existen diferencias apreciables debido al género. Los hombres en general entran en la universidad con mejores resultados en los test de visión espacial.
  - Una consecuencia de esto, es que las mujeres suelen considerar que no están suficientemente capacitadas para las mismas. Este hecho, influye tanto en sus elecciones de estudios universitarios, como a veces en los propios resultados.
- La cultura general no produce diferencias apreciables de capacidades espaciales
- Existen otros factores que sí afectan a las diferencias de capacidades como pueden ser
  - Actividades extraescolares, aficiones.
  - Uso de videojuegos o juegos de construcción tipo Lego.

Estos resultados, que podemos ver en detalle en la Tabla 3, nos indican que es importante conocer la población a la que se le va a impartir los cursos de Expresión Gráfica, ya que dependiendo de algunos parámetros podemos esperar unas capacidades más o menos desarrolladas.

Podemos señalar como aportación de la presente tesis que es el estudio más en profundidad realizado hasta la fecha (existen estudios que superan el número de alumnos evaluados en este trabajo [24,47], pero que no los superan en las demás variables) N° Alumnos totales estudiados, N° de Asignaturas evaluadas, N° de test realizados por alumno y N° de datos recogidos de cada alumno.

<b>MEDICION DE LAS HABILIDADES ESPACIALES</b>						
<b>(No se pretende valorar el impacto de herramientas o ejercicios sobre dicha habilidad, sólo medir)</b>						
<b>Autor</b>	<b>Universidad</b>	<b>Año</b>	<b>País</b>	<b>Test</b>	<b>Número de alumnos</b>	<b>Comentario</b>
Devon, Ángel, Foster [46]	Pennsylvania State University	1994	EEUU	MRT	1000	Sólo midieron tiempo utilizado en resolver el test. No realizaron un Pret-Test sino sólo quisieron comprobar la respuesta de los alumnos al modelador sólido Silver Screen
Peter M; Laemg B; Latham K; et al. [61]	University of Gueph, Ontario	1995	Canadá	VIZ; Test of paper folding; Surface developing test	636	Clasifica los resultados por género y por edad.
Deno J.A [44]	Ohio University	1995	EEUU	MRT / SEI		Este estudio demuestra que las actividades no académicas son las que mayor relación tienen con las habilidades espaciales. Aunque la formación en institutos también aporta un grado significativo de variación. También descubre una gran diferencia entre hombres y mujeres. Sugiere el uso de Legos y otros juegos en las escuelas para mejorar las habilidades espaciales
Celso A; Gerson H; Sorby A. [39]	Escola de Engenharia Maua Sao Caetano / Michigan University	1995 1996 1997	Brasil EEUU	PSVT:R MRT MCT	503 665 713	Se analizan sólo las diferencias observadas en cuanto a género y a otros factores como son los videojuegos, estudios previos...
Pérez Carrión T; Serrano Cardona M; Diaz Iborra et al. [24]	Universidad de Alicante	2002	España	DAT-5		Es un intento de medir la percepción espacial de los alumnos dependiendo de su procedencia. (LOGSE, Bachillerato, FP...)
Study, N.E [75]	Virginia State University	2003	EEUU	PSVT:R	28	Los test de habilidad espacial no son tan sensibles a la cultura básica como los que tratan de medir la medida general G de inteligencia. Esto es debido a que no tienen una componente verbal ni matemática

### Tabla 3 Medición de las habilidades espaciales

### **4.3. Medición de la mejora de las habilidades espaciales debido a cursar asignaturas de Expresión Gráfica**

Si bien es cierto que muchos autores hablan de la visión espacial como uno de los parámetros que tiene que tenerse en cuenta a la hora de diseñar los contenidos de un curso de Expresión Gráfica, no son tantos los que han medido mediante test, los valores reales de la mejora de estas capacidades en los alumnos de ingeniería.

Esto da lugar a que en la bibliografía existente se propongan cambios en los planes de estudio, basados en otros parámetros (actualización tecnológica, demanda empresarial, ...) , pero casi nunca apoyados por estudios en el campo de la visión espacial.

Muchos autores (Bertoline, Richards, Jerz entre otros) proponen incluir el modelado sólido desde el primer año de ingeniería, a través de programas comerciales como pueden ser SolidWorks, Rhinoceros, ... y cambiar el enfoque de la asignatura de manera que los alumnos trabajan en proyectos y no tanto en temas. Este enfoque ha planteado problemas, ya que se demuestra que los alumnos que no tienen un mínimo de conocimiento de normalización y de capacidades espaciales no pueden aprovechar toda la potencia de estas herramientas. Por otro lado existe el debate de si hay que eliminar por completo el lápiz, la escuadra y el cartabón o si por el contrario hay que mantenerlo de alguna manera dentro del programa.

Así que a pesar de las reflexiones, sugerencias y experiencias de estos autores, sus trabajos no nos permiten responder a una serie de preguntas como:

- ¿Qué efecto tienen todos estos cambios sobre las habilidades espaciales?
- ¿Mejoran o por el contrario es lo mismo pero con otra tecnología?

Es a partir de principios de los años noventa cuando algunos investigadores retoman el problema de los cambios en los planes de estudio y observan su influencia en las habilidades espaciales. Los resultados que se obtienen de estos estudios son los siguientes:

- Los planteamientos clásicos de Expresión Gráfica (vistas normalizadas, lápiz y papel) si mejoran las habilidades espaciales
- El uso de CAD (como sustituto de la escuadra y el cartabón) no mejora las habilidades espaciales
- El uso de modelado 3D alámbrico tampoco añade mejora respecto a los métodos tradicionales de enseñanza
- El uso de modelado de sólidos mejora las habilidades espaciales.
- El boceto a mano alzada mejora las habilidades espaciales
  - Obtiene incluso mejores resultados que aquellos basados en CAD
  - Los ingenieros no son propensos a utilizar el boceto como herramienta de diseño (los arquitectos están más predispuestos)
- El prototipado rápido no mejora las habilidades espaciales

En la Tabla 4 podemos ver con detalle los estudios realizados, así como sus conclusiones más importantes.

<b>MEDICIÓN DE MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES EN LAS ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA</b> (Sin incluir cursos intensivos específicos)							
<b>Autor</b>	<b>Universidad</b>	<b>Año</b>	<b>País</b>	<b>Alu.</b>	<b>Programa de la asignatura</b>	<b>Test</b>	<b>Resumen de conclusiones</b>
Dominguez Posada R.J. [47]	Universidad Complutense de Madrid	1990 1991 1992	España	503 665 713	Alumnos de primer curso	DAT:SR	Concluye que hay mejora de las habilidades espaciales debido a cursar la asignatura de Expresión Gráfica
Devon, Ángel, Foster [46]	Pennsylvania State University	1994	EEUU	1000	Modelado Sólido (Silver Screen)	MRT (sólo tiempo de ejecución)	El modelado sólido mejora la visión espacial (en mayor medida que el modelado de alambres o que el sistema tradicional) No tienen clara la influencia del nuevo programa académico en los resultados. Afirman que los cursos pueden cambiar los valores de habilidades espaciales
Grandinscak Z; Lewis W. P. [51]	Royal Melbourne Institute of Technology /University of Melbourne	1995	Australia	101	Realiza diferentes cambios en el contenido del programa	MCT	Hay mejora de las habilidades espaciales en los grupos estudiados. Sin embargo la mejora no parece que dependa del programa académico  Da algunas recomendaciones, como que la visión espacial es importante y que el uso de herramientas CAD por si mismo no mejora las habilidades espaciales. Cambiar el entorno de aprendizaje de la Expresión Gráfica no es sólo introducir el ordenador, hay que reflexionar sobre el tipo de ejercicios

Saito T; Suzuki K; Jingu T [66]	University of Tokio	1995	Japón	232	Curso normal	MCT	Analiza la relación entre los resultados del test MCT y la calificación de Expresión Gráfica (Al parecer no hay correlación significativa). Llega a la conclusión de que la asignatura SI mejora los resultados del test. Indica que los resultados de los test pueden utilizarse para detectar que estudiantes tendrán problemas con la asignatura
Frey G; Baird D; [50]	University of Missouri	1995	EEUU	34	Incluye el prototipado rápido dentro del programa del curso	Revised Minnesota Paper Form Board	El prototipado rápido NO mejora las habilidades espaciales (Sí el dibujo clásico y Sí el CAD 3D)
Sorby S.A [71]	Michigan Technology University	1997	EEUU	300	CAD 3D	MRT MCT DAT PSVT:R	Trabajar en entornos CAD 3-D NO mejora significativamente las habilidades espaciales. El test MCT es el único que parece predecir el éxito en el manejo de aplicaciones 3D, mientras que el PSVT:R y el DAT:SR no. También concluye que las habilidades espaciales no parecen un parámetro crítico para utilizar CAD 2D
Mafalda R. [16]	Universidad de Sao Paulo	2000	Brasil	-	CAD 3D (alambres y modelo sólido)	MRT	El uso de diferentes métodos de representación gráfica tiene efectos diferenciados y significativos sobre el desarrollo de las habilidades espaciales.  Los métodos tradicionales de dibujo técnico mejoran más las habilidades espaciales que otros sistemas que combinan el uso de aplicaciones CAD, debido a que exigen mayores esfuerzos por parte de la persona para entender las piezas
Yue, J [78]	Essex Cunty College/ Central Michigan University	2001	EEUU	42	CAD	PSVT:R	El uso de CAD no mejora las habilidades espaciales de los alumnos

Leopold C; Gorska R; Sorby S.A [55]	University of Kaiserlautern / Universidad de Cracovia / Michigan Technology University	2001	Alemania / Polonia / EEUU	220 198 57	Alumnos de primer curso	MRT / MCT DAT PSVT:R	Los niveles de habilidades espaciales en diferentes universidades son diferentes. El efecto de distintas asignaturas sobre el valor de las habilidades espaciales es POSITIVO. Una de las universidades tenía gran contenido de Sketching. CONCLUSION SUPLEMENTARIA: es que aquellos cursos con dibujo a mano producen una mejora mayor que los basados en CAD
Alias M; Gray D.E; Black T.R. [58]	Tum Hussein Onn University College / School of Management	2002	Malasia / Inglaterra	100	Incide en el bocetado como herramienta de dibujo	SVATI (Spatial Visualization Ability Test Instrument)	Hay una correlación entre el uso del boceto y las habilidades espaciales  Los ingenieros están menos predispuestos a utilizar el boceto que los arquitectos
Alias M; Gray D.E; Black T.R. [35]	Tum Hussein Onn University College / School of Management	2002	Malasia / Inglaterra	57	Alumnos de segundo curso	SVATI	Trata de determinar si las actividades de bocetado y de manipulación de figuras (free hand sketching) puede mejorar las habilidades de los estudiantes de Ingeniería Civil  Concluye que el bocetado a mano alzada las mejora
Sorby S.A; Drummer T; Hungwe K; Charlesworth P [69]	Michigan Technology University	2005	EEUU	325 / 250	Hay alumnos de carreras que no son ingenieros	PSVT:R MCT	Demuestra que se mejora en las habilidades espaciales, pero que no hay gran diferencia entre los métodos tradicionales (libro con ejercicios) y el método que utilizaba el ordenador con simulaciones 3D (incluso los del libro obtienen mejores resultados)  Presenta una estadística interesante sobre las preferencias de los alumnos a trabajar con software frente a libros o prácticas habituales

Tabla 4 Medición de mejora de las habilidades espaciales en las asignaturas de Expresión Gráfica

#### **4.4. Mejora de las habilidades espaciales mediante la realización de cursos de mejora.**

Una vez comprobado que las habilidades espaciales se pueden mejorar, aparece el problema de que no todos los alumnos entran en la universidad con el mismo nivel de capacidades y por lo tanto hay que responder a una pregunta

¿Existe alguna posibilidad de mejorar las habilidades espaciales mediante cursos más o menos intensivos?

De nuevo algunos autores han trabajado en esta línea mediante el diseño de materiales didácticos y de planes de estudio específicos con el objetivo de mejorar las habilidades espaciales de los alumnos en el mínimo tiempo posible.

Un detalle de las experiencias realizadas se puede ver en la Tabla 5, que se puede resumir en los siguientes resultados provisionales.

- Los cursos de mejora con ejercicios de lápiz y papel sirven para aumentar las capacidades espaciales
- El uso de juegos y material multimedia permite desarrollar las habilidades espaciales, al menos en la misma medida que los ejercicios tradicionales
- Las aplicaciones basadas en CAD o nuevas tecnologías tienen una gran acogida por los alumnos lo que aumenta su motivación y mejora los resultados.

<b>MEDICIÓN DE MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES EN CURSOS DE MEJORA</b>							
Autor	Universidad	Año	País	Alum.	Curso Intensificación	Test	Comentario
Sorby S.A [73]	Michigan TEchnology University	De 1993 a 1998	EEUU	186		PSVT:R	Se pueden mejorar las habilidades espaciales y además son un buen indicador del éxito académico
Sorby S.A [72]	Michigan TEchnology University	1993	EEUU	535 (25)		PSVT:R	<p>El curso experimental ha servido para mejorar las habilidades espaciales de los alumnos que lo utilizaron</p> <p>Parte de un estudio de 1985 en el que se demuestra que el resultado en el test PSVT:R es el factor que mejor predice (entre once factores) el éxito de los estudiantes de primer año en la asignatura de dibujo OTROS factores que influyen son: resultados en test de matemáticas (ACT) y experiencia previa en dibujo y geometría sólida</p> <p>Las MUJERES partían por debajo en los test y aunque mejoraban, acababan también por debajo. Estos trabajos los realizó GIMMESTAD, B.J.</p>

Duesbury R.T; O'Neil H. F. [48]	University of Southern California	1995	EEUU	43	CAD 3D (modelos alámbricos)	VIZ, Test of Paper Folding, Surface Development Test	Parece que el manejo de aplicaciones CAD 3D no mejora la habilidad de visualizar objetos definidos mediante sus vistas ortogonales. Sin embargo el uso de CAD obtiene unos resultados generales que mejoran las habilidades espaciales y motiva a los participantes
Sorby S.A; Baartmans B [68]	Michigan Technology University	1996	EEUU	535	Modelado Sólido (IDEAS)	PSVT:R	El modelado sólido mejora la visión espacial. Además señalan que hay diferencias entre hombres y mujeres y que el test PSVT:R es un predictor del éxito en la asignatura de Expresión Gráfica
Sorby S.A [70]	Michigan TEchnology University	1996 1997 1998 1999 2000	EEUU	De 25 a 60 alum. Por curso	CD multimedia para la mejora de la visión espacial)	MRT MCT DAT PSVT:R	Los cursos intensivos mejoran la visión espacial  Los cursos incluyen tres juegos (Architek Game, Babylon Cube, Block by Block)
Perez Carrión T; Serrano Cardona M [60]	Universidad de Alicante	1998	España	786	Ejercicios papel	DAT:SR	El curso mejora las habilidades espaciales de los alumnos

Tabla 5 Medición de mejora de las habilidades espaciales en cursos de mejora

#### **4.5. Desarrollo de herramientas específicas para la mejora de la visión espacial.**

Algunos autores han basado su trabajo en la hipótesis de que las habilidades espaciales se pueden mejorar si se utilizan herramientas adecuadas que faciliten la comprensión de los conceptos y de las relaciones entre las representaciones bidimensionales y las tridimensionales.

La aparición de nuevas tecnologías ha propiciado que desde mediados de los años noventa distintos grupos de investigación hayan propuesto herramientas novedosas para la mejora de las capacidades espaciales.

Algunos de estos investigadores han comprobado, mediante el uso de test, la bondad de sus herramientas, mientras que otros dan por supuesto que el uso de la herramienta produce una mejora debido a varios motivos. Entre ellos el que muchos de ellos reproducen en la pantalla del ordenador los ejercicios clásicos de lápiz y papel o que al poner en manos de los alumnos una herramienta que pueden consultar en casa, cada uno de ellos la utilizará de acuerdo a sus propias necesidades.

La aparición de Internet, los lenguajes VRML, Flash, Java etc., han posibilitado que la mayoría de estas herramientas estén disponibles on-line, con la comodidad que supone a efectos de aprendizaje tanto para el profesor como para el alumno.

En la Tabla 6 se puede ver un detalle de las herramientas que se han desarrollado en estos últimos años, así como si se han utilizado test de visión espacial para comprobar su efecto sobre los alumnos.

**HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS DISEÑADAS PARA MEJORA DE LA VISIÓN ESPACIAL**  
(DESARROLLADAS POR UNIVERSIDADES)

<b>Autor</b>	<b>Universidad</b>	<b>año</b>	<b>País</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Soporte</b>	<b>Test</b>	<b>Comentario</b>
Sorby S.A [74]	Michigan Technology University	1996 - 2000	EEUU	Manual multimedia de mejora de la visión espacial	Disponible en CD	SI	El CD permite trabajar de manera interactiva conceptos como rotaciones, ejes, cortes, vistas normalizadas...
Osborn J.R; Agogino A.M. [10]	University of California	1992	EEUU	Interface for Interactive Visualization	Programa de manejo de figuras 3D. No disponible en la web	NO	Permite crear de manera fácil elementos 3D, así como su manipulación e incluso corte. Asocia a dichas piezas sus vistas normalizadas
Katheryn Hollyday et al [54]	Penn State University	2000	EEUU	Test virtuales	Disponible en internet	NO	Hay test y ejercicios curiosos dirigidos a mejorar la visión espacial  <a href="http://www.courses.psu.edu/metbd/metbd247b_dgb6/VIZ">http://www.courses.psu.edu/metbd/metbd247b_dgb6/VIZ</a>
Stepehn W. Crown [41]	University of Texas – Pan American	2001	E.E.U.U	Curso de ejercicios de juegos y visualización clásicos.	Disponible en CD-ROM e internet	NO	Son ejercicios bastante clásicos de elegir vistas ortogonales o realizar rotaciones a sólidos Pasaron un test de satisfacción a los alumnos con muy buenos resultados sobre la herramienta  <a href="http://crown.panam.edu/EG/games/index.html">http://crown.panam.edu/EG/games/index.html</a>
Sueoka H; Shimizu A; Yokosawa H [31]	Nagoya University / Ichimurakau en College	2001	Japón	Dyanmic 3D Platform	Entorno VRML y Java3D	NO	Aporta un entorno 3D para los materiales clásicos de mejora de la visión espacial
Keller B; Hart E. [13]	Michigan State University/ Maharishi University of Managment	2002	EEUU	Isometrics Views	On-line Applets Java	SI	Es una aplicación que permite construir sólidos 3D a partir de cubos y generar sus vistas ortogonales, así como girar los resultados obtenidos. Es muy intuitiva.  <a href="http://illuminations.nctm.org/tools/isometric/isometric.asp">http://illuminations.nctm.org/tools/isometric/isometric.asp</a>

Ramos B., Basilio; García M., Esteban; Baños G., Esther; Melgosa P., Carlos;García G., David; Sainz B., Emilio [64]	Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Burgos	2003	España	Taller de visión espacial	Entorno VRML y Flash en internet	NO	Es la versión on-line de los ejercicios clásicos de papel. Está realizado en Flash junto con lenguaje VRML, creando de esta manera un entorno muy apetecible para el alumno.  <a href="http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml">Http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml</a>
Conolly P.E.; Maicher K.R. [40]	Purdue University	2005	EEUU	Multiview Drawing	Disponible en internet	NO	Dada una perspectiva isométrica de una pieza, el programa permite dibujar una vista y corrige automáticamente el resultado de la misma.
Ahmad Raf et al. [63]	Multimedia University	2005	Malasia	WBVE	Disponible en internet	SI	Es un entorno de realidad Virtual (VRML) que permite manipular objetos 3D y ver sus vistas normalizadas. Utilizan un test de rotación (no especifican cual) para medir los resultados de la herramienta
Suarez, J.A; Rubio R; Gallego R; Martín S [76]	Oviedo	2005	España	Mesa de visión	Aplicación Flash en internet	NO	Se tiene acceso a una serie de aplicaciones desarrolladas en Flash para la mejora de la visión espacial. Las aplicaciones son novedosas en su concepto, cercano a los dibujos animados, con el objetivo de capturar la atención de los estudiantes.  <a href="http://aegi.eutig.uniovi.es/">http://aegi.eutig.uniovi.es/</a>

Tabla 6 Herramientas específicas diseñadas para mejora de la visión espacial (Universidades)

## 4.6. RESUMEN

Todo lo que hemos visto en los apartados anteriores lo podemos resumir en los siguientes puntos:

- La medición y mejora de la visión espacial, se ha convertido en los últimos años en una línea de investigación en las Escuelas de Ingeniería. El desarrollo de capacidades y no sólo de conocimientos está cobrando importancia en la educación universitaria actual.
- Sin embargo, pese al aumento de la investigación, la medición y mejora de la visión espacial no forma parte de los programas, por lo que los estudios realizados hasta ahora son puntuales.
- Faltan estudios a nivel local (país, universidad), que permitan sacar conclusiones propias.
- El lenguaje normalizado de ingeniería (vistas normalizadas) y el uso de bocetos a mano alzada es una estrategia utilizada para el desarrollo de las habilidades espaciales
- También existe consenso acerca de la utilización del modelado sólido como herramienta de trabajo en Expresión Gráfica.
- Existencia de un amplio campo de trabajo en el desarrollo de nuevas herramientas, que aprovechen las nuevas tecnologías, con el objetivo de mejorar las habilidades espaciales
- Por otro lado, existe la necesidad, reclamada por parte del mercado, de la actualización tecnológica de los alumnos, apoyada en unas capacidades bien desarrolladas para el ejercicio de su profesión. En el caso de las ingenierías, las habilidades espaciales son consideradas por la propia industria, una de las capacidades más importantes.

## 5. ESTUDIO DE CAMPO

### 5.1. Introducción

Una vez expuestas las experiencias realizadas por otros grupos de investigación, así como sus principales resultados, vamos a explicar la que hemos realizado nosotros. Dicha experiencia ha tenido lugar en la Universidad de La Laguna, aunque se han aportado datos desde la Universidad Politécnica de Cartagena y de la Universidad Jaume I de Castellón.

Como hemos visto, dentro del campo de las habilidades espaciales, hay varias líneas de investigación. En nuestro caso, pretendemos obtener resultados en cada una de ellas. Los objetivos concretos que se pretenden con esta investigación son los siguientes

#### 1. Medición de habilidades espaciales

- a. Obtener resultados concretos que permitan conocer y categorizar las habilidades espaciales de los alumnos que ingresan en las carreras técnicas en las universidades españolas. En este apartado se disponen de datos de las tres universidades indicadas anteriormente.
- b. Establecer correlaciones entre distintos parámetros y la habilidad espacial, (parámetros entre los que se encuentra el sexo, la edad, la formación recibida, las aficiones, ...).

#### 2. Creación de un curso de mejora de las habilidades espaciales

- a. Comprobar si las habilidades espaciales se pueden mejorar mediante entrenamiento.
- b. Validar la utilización de diferentes aplicaciones existentes en Internet (cuyo objetivo es la manipulación de objetos tridimensionales) en el desarrollo de la visión espacial.
- c. Validar las posibilidades de la **nueva herramienta** de bocetado por ordenador (aplicación eCIGRO) en su función de mejora de la visión espacial y desarrollo del croquis.

#### 3. Efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica sobre las habilidades espaciales

- a. Comprobar el efecto que tienen diferentes enfoques de la asignatura de Expresión Gráfica en mejora de las habilidades espaciales.
- b. Buscar correlación entre los distintos parámetros estudiados y la mejora de las habilidades.

## 5.2. Herramientas seleccionadas de medición de las habilidades espaciales

Como hemos visto en el capítulo 2, existen múltiples instrumentos de medida diseñados exclusivamente para medir las capacidades espaciales. Algunos autores como Eliot y Smith (1983) han llegado a recopilar más de 200 tipos diferentes.

A la hora de elegir el instrumento de medida para una experiencia de este tipo, hay que tener en cuenta varios factores:

- Que esté validado.
- Que esté diseñado para medir la componente de la inteligencia que deseamos y no otra.
- Que sea utilizado por otros investigadores para poder comparar los resultados

Siguiendo los tres parámetros anteriores y teniendo en cuenta el contexto proporcionado por las experiencias previas señaladas en el capítulo anterior se han seleccionado los siguientes instrumentos de medida:

- DAT (SR)
- MRT.

En los siguientes apartados veremos una pequeña descripción de cada uno de ellos.

### 5.2.1. DAT-SR

El test DAT-SR pertenece a la batería DAT (Differential Attitude Test), creada por George K. Bennet y Alexander G. Wesman en el año 1947 [4]. En 1967, ediciones TEA llevó a cabo la adaptación española, bajo la dirección de Mariano Yela. Es por lo tanto un test que lleva muchos años en el mercado y del que se tienen muchos datos. El test puede ser administrado de forma individual o colectiva a personas de 14 años o más, con un nivel cultural previo mínimo de Educación Primaria o similar.

La batería DAT fue elaborada con el objeto de proporcionar un instrumento científico tipificado para la apreciación de aptitudes de los estudiantes comprendidos entre los grados 8º y 12º del High School americano.

Consta de varios componentes que son:

- DAT-VR: Razonamiento Verbal
- DAT-NA: Aptitud numérica
- DAT-AR: Razonamiento abstracto
- DAT-SR: Relaciones espaciales
- DAT-MR: Razonamiento mecánico
- DAT-CSA: Rapidez y precisión perceptiva
- DAT-LU-I: Uso del lenguaje. Ortografía
- DAT-LU-II: Uso del lenguaje. Sintaxis

La batería está presentada como un todo coherente, pero las diversas pruebas pueden ser utilizadas de manera independiente. En nuestro caso utilizaremos sólo el módulo destinado a medir Relaciones Espaciales.

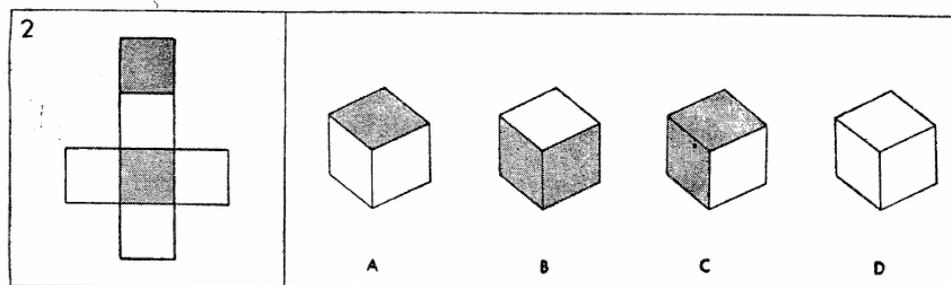


Figura 23 Ejemplo de ejercicio del test DAT.

Como podemos ver en el ejemplo de modelo de pregunta del test, los elementos elegidos requieren una manipulación mental de objetos en un espacio tridimensional y no en dos exclusivamente. La prueba trata de apreciar la capacidad de manejar estos objetos, imaginando una estructura a partir de un objeto plano.

Esta capacidad es necesaria en profesiones que exijan la visualización de objetos en tres dimensiones, tales como la de dibujante, arquitecto, diseñador de modelos, decorador y por supuesto, ingeniero.

La adaptación española se realizó a partir de la Forma L americana. De acuerdo con el procedimiento seguido por los autores, la batería de test fue tipificada inicialmente en la población escolar. Se consideró aplicable a partir de 2º de la ESO.

Sin querer entrar mucho en detalles de la composición técnica y evaluación del test, es interesante, decir que de este test se ha realizado un test de fiabilidad, que indica que el 93% de la varianza se debe a la auténtica medida y el 7% a los errores. Esto indica que es un elemento de medida fiable o consistente.

Como dato de referencia, se indica (datos incluidos en las instrucciones del propio test suministrado por TEA) que para la población de primer año universitaria española se espera un valor medio del test de 36,3 con una desviación estándar de 10,3

Para la aplicación del test, se han seguido las instrucciones del mismo. (25 minutos y puntuación 1 punto por ítem)

### 5.2.2. MRT

Las experiencias sobre rotación mental empezaron en los años 70 cuando en Shepard y Metzler (1971) publicaron un artículo en el que medían los tiempos de respuesta de sujetos a los que se les sometía a figuras iguales pero giradas un cierto grado. Estos investigadores encontraron una correlación casi perfecta entre los grados de rotación aplicados a la figura y el tiempo de respuesta del sujeto. Al parecer los sujetos realizaban una rotación mental de la figura de la misma proporción que la aplicada a la imagen.

En 1978 Vanderberg y Kuse, se inspiraron en los trabajos de Shepard y Matzler sobre rotaciones mentales, para crear un test denominado Mental Rotation Test (M.R.T) [33].

Contiene 20 ítems divididos en cuatro sets de cinco. Cada ítem consiste en una figura de muestra y cuatro figuras adicionales de las cuales dos corresponden a la de muestra giradas un cierto grado y las otras dos no corresponden con la muestra. Aunque existen diversas maneras de realizar y puntuar el test, en nuestro caso estas variables han sido de seis minutos y cuarenta puntos totales (1 punto por acierto y cero puntos cuando en alguno de los ítems exista un error)[1]

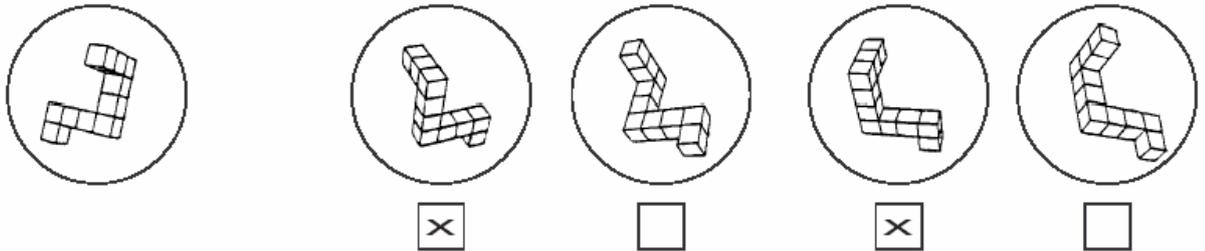


Figura 24 Ejemplo de ejercicio del test MRT

Este test también ha sufrido el proceso de validación que indica su grado de fiabilidad o consistencia (0.88 en una muestra de 3268 adultos [33]), así como su validación como elemento para la medición de las habilidades espaciales.

Debido a que es específico para medir las rotaciones mentales y a que tiene un grado de dificultad mayor que otros test similares, se ha utilizado con frecuencia en estudios realizados a nivel universitario.

Es interesante recalcar que los resultados obtenidos por Vanderberg y Kuse en 1978 indicaron claramente una diferencia entre hombres y mujeres, independientemente de su edad.

### 5.3. Metodología, hipótesis y plan de trabajo

En base a las experiencias realizadas por otros investigadores, las hipótesis de trabajo, de las que partimos como referencia son las siguientes.

- Hay parámetros que afectan a los resultados de los test de visión espacial
- Las habilidades espaciales se pueden mejorar mediante el entrenamiento específico.
  - El bocetado por ordenador es una herramienta válida para este objetivo
  - Las aplicaciones on-line son herramientas válidas para este proceso.
- Las asignaturas de Expresión Gráfica tienen un efecto positivo sobre las habilidades espaciales

El estudio realizado, nos servirá para rechazar o validar las afirmaciones anteriores.

La metodología que se utilizará consiste en seleccionar una muestra de alumnos de las carreras técnicas, de la Universidad de La Laguna, suficientemente representativa que nos permita sacar conclusiones válidas desde un punto de vista estadístico. La muestra estará formada por los alumnos pertenecientes a las siguientes carreras y asignaturas: (Indicar que se han escogido asignaturas de tal manera que sean el primer contacto de los alumnos con la Expresión Gráfica.

<b>CARRERA</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CURSO</b>	<b>TIPO</b>	<b>ALUMNOS</b>
Ingeniería Electrónica	Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador	1º	Semestral (1º)	70
Ingeniería Obras Públicas	Expresión Gráfica y Cartográfica	1º	Semestral (1º)	58
Ingeniería Mecánica	Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador	1º	Anual	64
Arquitectura Técnica	Geometría Descriptiva	1º	Anual	246
Ingeniería Química	Expresión Gráfica	2º	Semestral (1º)	22
<b>TOTAL</b>				<b>460</b>

Tabla 7 Alumnos de La Laguna que han participado en el estudio

Los alumnos de la Universidad de La Laguna han sido el centro de la investigación realizada. Sin embargo y para poder comparar los resultados con lo que ocurre en otras Universidades, también se han recogido datos en la Universidad Politécnica de Cartagena también de acuerdo a la siguiente tabla. (También en este caso se

han pasado los test a otras asignaturas de diseño en tres dimensiones que finalmente no se han tenido en cuenta en el estudio)

<b>CARRERA</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CURSO</b>	<b>TIPO</b>	<b>ALUMNOS</b>
Ingeniería Industrial	Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador	1º	Semestral (1º)	89
<b>TOTAL</b>				<b>89</b>

Tabla 8 Alumnos de Cartagena que han participado en el estudio

En la universidad Jaume I de Castellón también se han realizado muestras de algunas asignaturas, aunque en este estudio solo aparecen las siguientes:

<b>CARRERA</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CURSO</b>	<b>TIPO</b>	<b>ALUMNOS</b>
Ingeniería Industrial	Expresión Gráfica	1º	Semestral (1º)	22
<b>TOTAL</b>				<b>22</b>

La metodología a aplicar se desarrolló en tres pasos:

1. Recogida de datos y medición de las Habilidades Espaciales al inicio de curso. Selección de alumnos con resultados bajos en los test de visión espacial
2. Realización de los cursos de mejora y medición de las habilidades al final de dichos cursos
3. Medición del incremento de habilidades espaciales como consecuencia de cursar las asignaturas de Expresión Gráfica

### **1.- Recogida de datos y medición de las Habilidades Espaciales al inicio de curso**

Durante la primera semana de curso, con el objeto de eliminar la influencia de los contenidos recibidos por las demás asignaturas del temario y de la misma de Expresión Gráfica, se evaluó la capacidad de visión espacial de los alumnos al principio de curso.

Para ello se utilizarán dos test:

- Test de aptitudes diferenciales DAT-SR [4].
- Test de rotaciones mentales MRT [1][33].

A la misma vez que se pasaron los test, se recogieron datos de los alumnos tales como edad, procedencia, sexo, aficiones, ..., que permiten

organizar los resultados de los test por categorías. La ficha que se les ha pasado a los alumnos es la siguiente:

NOMBRE Y APELLIDOS	.....
D.N.I.	.....
FECHA NACIMIENTO	.....
SEXO:	.....

CARRERA:	.....
CURSO:	.....
ASIGNATURA:	.....
¿REPETIDOR DE LA ASIGNATURA?	.....

ENTRADA EN LA UNIVERSIDAD VÍA: (Marque con un círculo la que corresponda)

BACHILLER      FP      OTRA CARRERA      MUNDO LABORAL      OTRAS

¿TRABAJA EN LA ACTUALIDAD?

¿HA ESTUDIADO ANTES DIBUJO?      ..... AÑOS:

¿HA UTILIZADO ALGUNA APLICACIÓN CAD?

NOMBRE DEL PROGRAMA:      .....

.....

¿LE GUSTA JUGAR CON LOS VIDEOJUEGOS?

TITULOS PREFERIDOS:      .....

.....

¿ES AFICIONADO A LOS DEPORTES?

CÚALES      .....

.....

¿DISPONE DE CONEXIÓN INTERNET CON FACILIDAD?      .....

E-MAIL      .....

Figura 25 Formulario de datos iniciales de los alumnos

Este proceso se ha repetido en las tres universidades (La Laguna, Cartagena, Castellón) del estudio. Los datos que sometieron a análisis fueron los de La Laguna, utilizando los de las demás universidades como referencias para poder comparar medias.

## 2.- Cursos de mejora

Este apartado se ha realizado únicamente en la Universidad de La Laguna, por lo que sólo aplica a los alumnos de esta universidad.

A partir de los resultados de los test, se seleccionó un grupo de alumnos cuyos valores de las habilidades espaciales quedaron alejados de la media del grupo total evaluado.

Dichos alumnos fueron divididos a su vez en tres grupos a los que se les ofreció un curso intensivo para el desarrollo de las habilidades espaciales. Dicho curso tuvo lugar en la segunda y tercera semana de curso para que

los resultados no se viesen afectados por los contenidos de la propia asignatura de Expresión Gráfica.

Se desarrollaron tres tipos de cursos:

**TIPO A:** Utiliza ejercicios que hemos denominado como "clásicos" en los que se trabaja con figuras representadas en perspectiva isométrica y se realizan ejercicios de localización de las caras de la pieza, generación de vistas normalizadas y problemas de determinación de una tercera vista. El material empleado es exclusivamente lápiz y papel.

**TIPO B:** Utiliza un entorno que hemos denominado "multimedia". El alumno tiene que interactuar con una serie de aplicaciones pseudo lúdicas que se encuentran disponibles en Internet. Mediante estas aplicaciones gráficas podrá jugar al tetrís, trabajar con figuras representadas en perspectiva isométrica, pasar test virtuales, etc. El material de trabajo es el ordenador e Internet.

**TIPO C:** Este curso está basado en la utilización de una aplicación educacional de modelado basado en bocetos (denominada eCIGRO) que utiliza una tableta gráfica (o un Tablet-PC) para sustituir al papel y lápiz clásico. Dicha herramienta permite la visualización en tres dimensiones de las perspectivas isométricas planas dibujadas sobre la pantalla. El alumno realiza ejercicios de dibujo en perspectiva, bocetados a mano, de los cuales tendrá que obtener las vistas normalizadas.

El contenido de estos cursos lo detallaremos posteriormente.

Una vez realizado el entrenamiento intensivo con los tres grupos anteriores se volvió a pasar los test para poder comprobar el resultado de los mismos. Ello permitió:

1. Comprobar la hipótesis de que las habilidades espaciales se pueden mejorar con el entrenamiento.
2. Determinar si alguno de estos métodos registra mejores resultados que los otros.

### **3.- Medición del incremento de habilidades espaciales como consecuencia de cursar las asignaturas de Expresión Gráfica**

Al final de la asignatura se volvió a evaluar a todos los alumnos. (Este proceso también se ha realizado en las tres universidades del estudio, aunque en alguna asignatura, por diversos motivos, no ha sido posible realizarlo)

Con esta nueva medición se pretendía resolver las siguientes cuestiones:

1. Comprobar que la hipótesis de que el cursar las asignaturas de Expresión Gráfica mejoran las capacidades de visión espacial de los alumnos.
2. Determinar qué modelo de contenidos de la asignatura permite obtener una mejora más acentuada en el desarrollo de las capacidades espaciales.
3. Obtener resultados por categorías (sexo, edad, aficiones, ...)

## **5.4. Contenidos de los cursos intensivos. Experiencia piloto**

### 5.4.1. TIPO A

#### **Método clásico de ejercicios realizados a mano alzada con lápiz y papel**

Denominamos a este método como "clásico". Se basa en el trabajo con figuras representadas en perspectiva isométrica. Utiliza problemas de localización de las caras de la pieza en vistas normalizadas y problemas de tercera vista. El material empleado es exclusivamente lápiz y papel.

Debido a que los alumnos a los que va dirigido son los que menos habilidades espaciales tienen, el nivel de partida tiene que ser muy bajo. Los ejercicios, por lo tanto, parten de los conceptos básicos de croquis y de vistas normalizadas y después realizan una serie de ejercicios basados en el libro "Ejercicios para el desarrollo de la Percepción Espacial" [60] El curso se realizó en tres sesiones de dos horas.

Dado que la mayoría de los alumnos que necesitan los cursos de intensificación, no están familiarizados con el uso del croquis, primero, se empieza por dibujar piezas reales que existen en el laboratorio de expresión gráfica. Con estas figuras, se pretende que el alumno "suelte la mano" y se familiarice con la idea de las "vistas normalizadas". Se dedica a esta tarea la primera hora del curso, para a partir de ese momento realizar ejercicios específicos y clásicos de dibujo técnico.

Los ejercicios a realizar son los siguientes:

1. El uso del croquis.
2. Identificar en las vistas superficies indicadas sobre perspectivas isométricas.
3. Discriminación de vistas.
4. Obtención de vistas a partir de perspectivas.
5. Obtención de perspectivas a partir de vistas.
6. Ejercicios de obtención de tercera vista a partir de dos dadas.

La lista completa de los ejercicios propuestos se pueden ver en el Anexo III Dichos ejercicios se entregan a los alumnos en fotocopias para su realización en lápiz durante el tiempo del curso. Como es lógico no todos los alumnos llevan el mismo ritmo de ejecución de los mismos. Se pretende dedicar al menos media hora a cada una de las baterías de ejercicios, de tal manera que en ese tiempo el alumno realice el número máximo posible. Se pretende que cada alumno pueda llevar su propio ritmo, pero también que los alumnos con más soltura no se aburran en ningún momento, ya que el curso es muy corto y se pretenden conseguir resultados rápidos.

## 5.4.2. TIPO B

### **Método multimedia de ejercicios realizados sobre aplicaciones on-line en Internet**

Este corresponde al método que hemos denominado como "multimedia". El curso se basa en la interacción con una serie de aplicaciones pseudo lúdicas que se encuentran disponibles en Internet. Mediante estas aplicaciones gráficas el alumno desarrolla sus habilidades espaciales a través del juego,, trabaja con figuras representadas en perspectiva isométrica, realiza test virtuales, etc. El material de trabajo será el ordenador e Internet.

Es importante resaltar que a este grupo de alumnos no se le suministra lápiz y papel para trabajar, sino sólo el ordenador con su conexión a Internet y un listado de direcciones, que ha continuación se detallan, a las cuales se va a acceder durante el curso:

Es interesante resaltar que se pretende que a lo largo del curso de seis horas, el alumno recorra todas las direcciones propuestas. Para ello se intenta que en la primera sesión se vean las direcciones A,B y C que permiten entrar en materia mediante el uso de juegos. La segunda sesión se dedica a D y E, aplicaciones más centradas en el lenguaje normalizado del dibujo técnico (esto implica una pequeña explicación que se realiza el día anterior utilizando el juego B). La tercera sesión se utiliza para realizar los ejercicios propuestos en F. Estos ejercicios son básicamente los mismos que se han realizado en el curso de lápiz y papel, pero realizados en pantalla mediante aplicaciones Flash y con la utilización de modelos de realidad virtual con VRML.

Se permite a cada alumno llevar su propio ritmo, pero la idea, al igual que en el primer caso es que los alumnos que tienen más facilidad estén ocupados durante las tres sesiones de dos horas del curso.

Las direcciones suministradas a los alumnos son las siguientes:

#### **A) Juegos:**

Podemos considerar que ciertos juegos, por su contenido geométrico, pueden desarrollar las habilidades espaciales. Uno de los más conocidos es el juego del "Tetris". Existen versiones en dos y tres dimensiones. La primera actividad de este curso fue el uso durante unos minutos de la aplicación "Testris 2D" disponible en en la siguiente dirección de internet:

<http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2003/planos/index.swf>  
[19]

En el apartado "Aprenda jugando" se selecciona TETRIS 2D

#### **B) Creación de figuras en 3D y conceptos básicos de vistas:**

Las figuras en tres dimensiones se pueden construir con pequeñas herramientas, que nos permiten un cierto control sobre ellas.

Vamos a utilizar la siguiente aplicación.

<http://illuminations.nctm.org/tools/isometric/isometric.asp> [13]

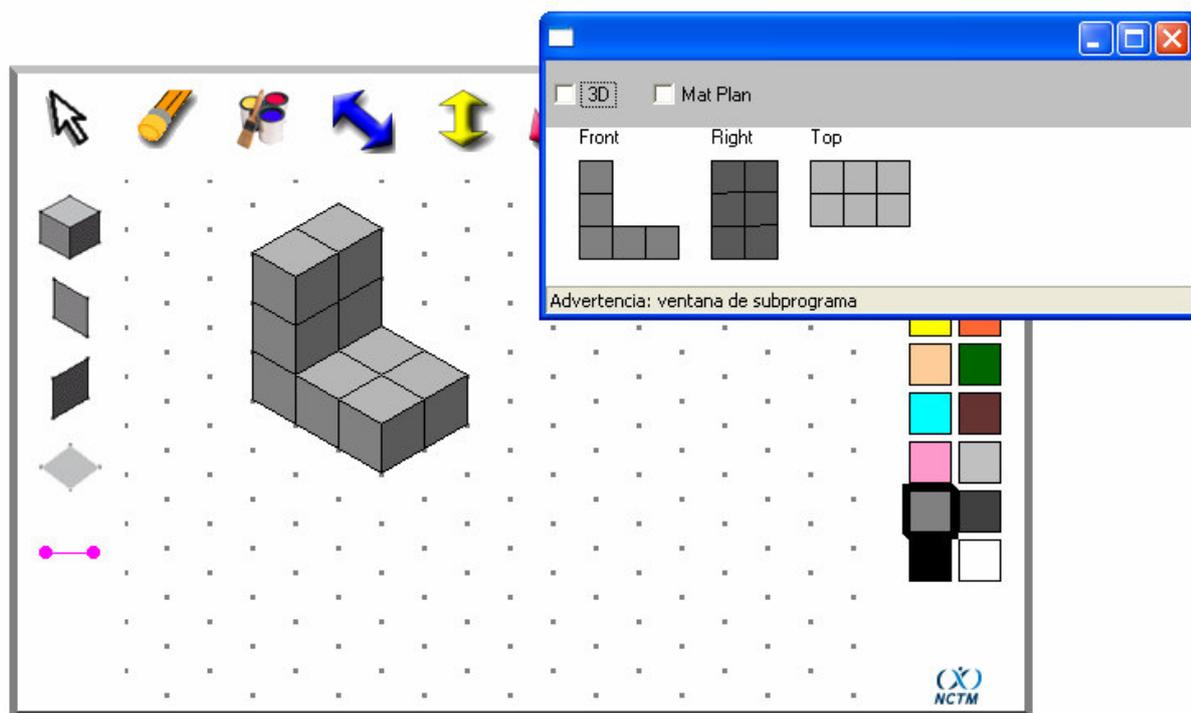
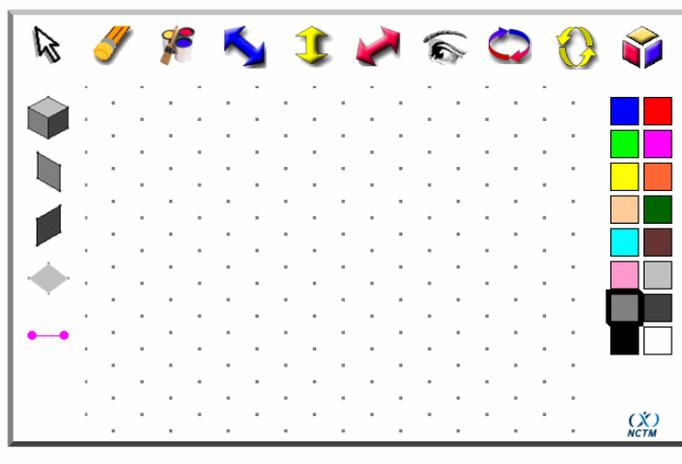


Figura 26 Aplicación web para construir figuras en 3D

**C) Rotaciones:**

Elegir entre diversas figuras tridimensionales a las que se les ha aplicado una rotación

<http://crown.panam.edu/EG/games/index.html> [41]

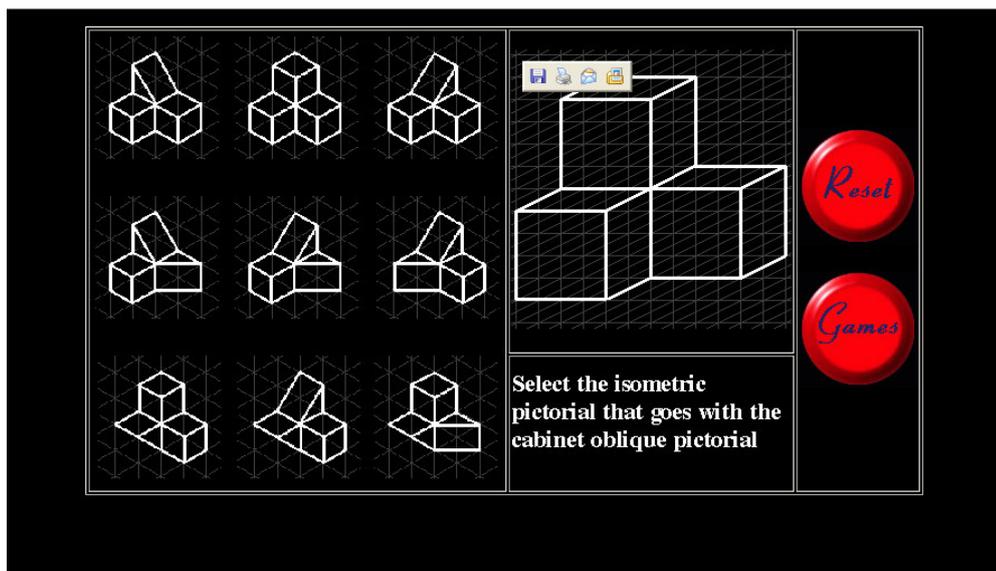


Figura 27 Seleccionar la isometría correcta

#### D) Vistas [42]

[http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2002/geometria\\_vistas/](http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2002/geometria_vistas/)

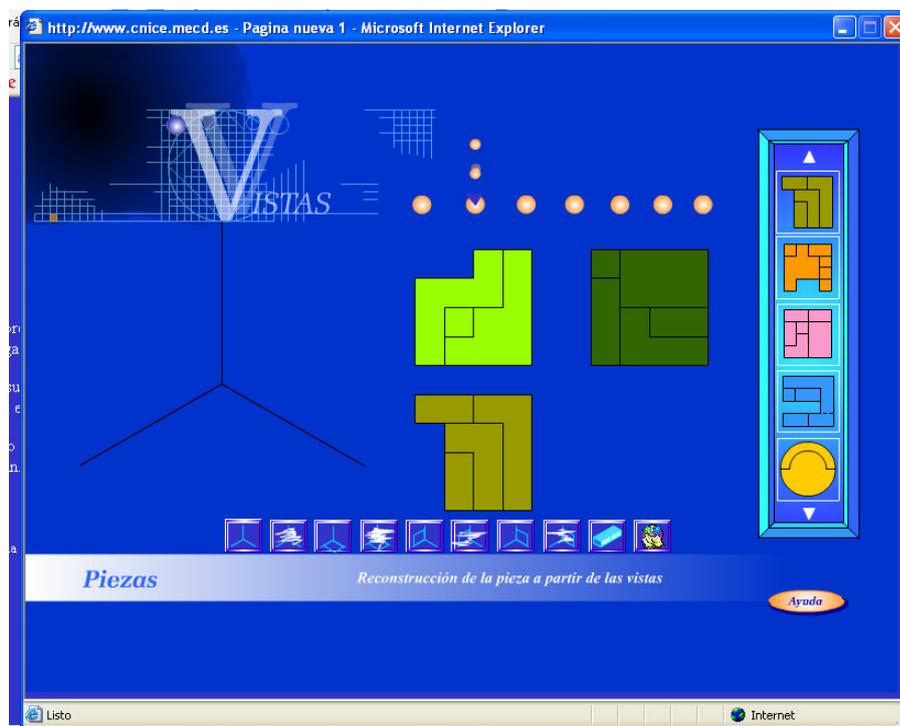


Figura 28 Página principal del programa Vistas

Se utilizaron los siguientes apartados de la aplicación:

**Piezas -> Vistas (Planta Alzado y Perfil)**

Elegir una figura

Comprobar como se obtienen las vistas

Localizar las caras en las vistas

**Piezas -> Reconstrucción de la pieza a partir de las vistas**

Elegir una figura

Poner los ejes

Pinchar las caras.

**Ejercicios -> Piezas 1**

Elegir la vista correcta.

**Ejercicios -> Piezas 2**

Marcar las caras correctas

E) Elegir las vistas correctas [41]:

<http://crown.panam.edu/EG/games/index.html>

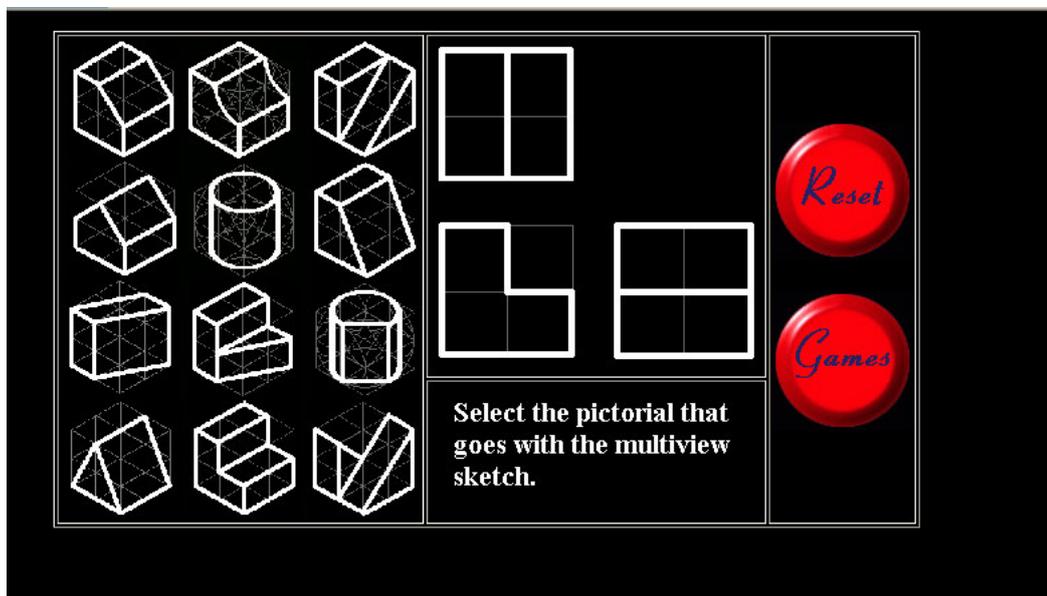
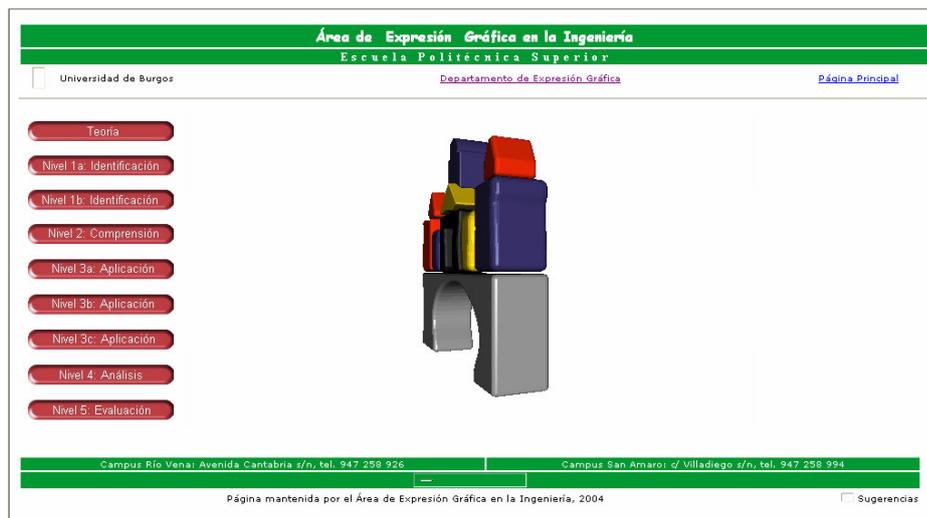


Figura 29 Elegir la figura asociada a unas vistas dadas

F) Universidad de Burgos. [64]

**Taller de visión espacial**

Para poder visualizar las imágenes es necesario instalar en el ordenador un visualizador VRML <http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/>



<http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml>

Se utilizaron sólo los siguientes apartados

**Nivel 1A Identificación:** Seleccionar caras en vistas:

**Nivel 1B Identificación:** Seleccionar caras en perspectiva:

**Nivel 2 Comprensión:** Determinación de vistas:

**Nivel 4 Análisis:** Recuentos

### 5.4.3. TIPO C

#### **Método basado en la utilización de una aplicación de bocetado por ordenador**

Este curso se basó en la utilización de la aplicación educativa de modelado basado en bocetos denominada eCIGRO. Puesto que no era posible disponer de suficientes Tablets PC para todos los alumnos, se instalaron unas tableta gráficas (WACON tamaño DIN A5) para sustituir al papel y lápiz clásico. (Esto genera una pequeña dificultad para el alumno, que se resuelve en la primera hora de curso, a la misma vez que se familiariza y realiza ejercicios de iniciación en el croquis)

eCIGRO permite la visualización en tres dimensiones de las perspectivas isométricas planas dibujadas sobre la pantalla. El alumno durante el curso realiza ejercicios de dibujo en perspectiva, bocetados a mano, de los cuales tendrá que obtener las vistas normalizadas.

Puesto que los alumnos no estaban acostumbrados a realizar dibujos a mano alzada, al principio del curso se les entregó el mismo primer ejercicio que en el curso tipo A. La diferencia fundamental es que en vez de croquizar sobre papel, se les habilitó para dibujar sobre la pantalla de ordenador. Para ello se utilizó una versión de eCIGRO que no realizaba reconstrucción geométrica sino que funcionaba como un lápiz y papel normal. De esta manera, no sólo aprenden los conceptos de croquis, sino también a utilizar la tableta digitalizadora que se les suministra)

Una vez los alumnos entendieron los conceptos básicos (ejes principales, vistas, perspectivas...) se pasa a trabajar con la aplicación de reconstrucción geométrica eCIGRO. Para ello se les suministró una serie de ejercicios básicos para que intentasen realizarlos con el programa de bocetado por ordenador. La lista de ejercicios, muy amplia, está pensada para que aquellos que demuestren una mayor facilidad a la hora de entender los conceptos tengan suficiente material para las tres sesiones del curso.

Cada alumno lleva su propio ritmo a la hora de realizar los ejercicios. Los pasos que se propusieron a los alumnos para construir los sólidos fueron los siguientes:

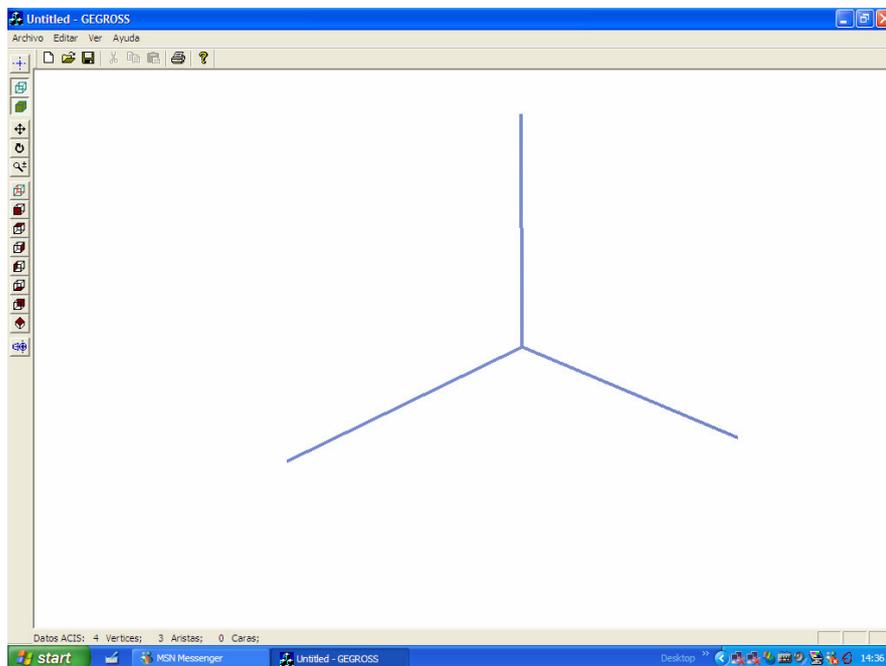
- Paso 1: Dibujar los ejes principales y comprobar que el programa los reconoce como tridimensionales
- Paso 2: Dibujar una cara, en base a esos ejes, y comprobar que el programa la manipula como una entidad tridimensional
- Paso 3: Comprobar en ese punto, las vistas normalizadas.
- Paso 4: Completar el sólido

En las siguientes figuras se detallan los pasos iniciales hasta construir un sólido (corresponden a lo que se esperaba que hiciera un alumno en la primera sesión del curso). Una vez realizada esta introducción se entregó un cuadernillo con una lista de ejercicios.

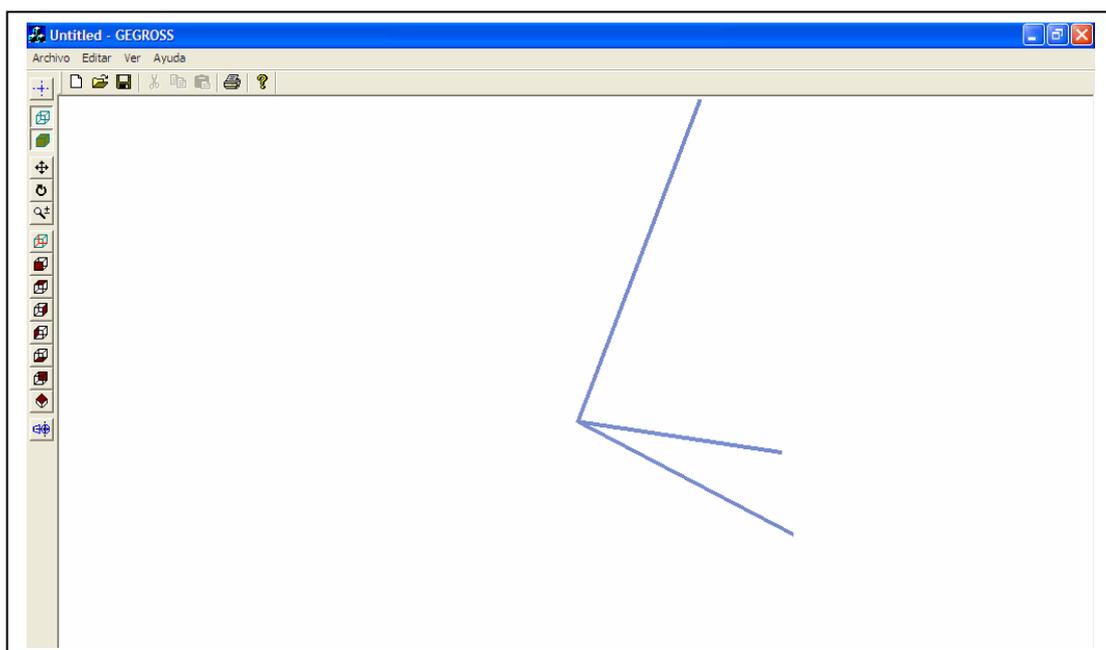
En el Anexo IV se incluye el listado completo de dichos ejercicios. El objetivo era construir figuras cada vez más complejas, de manera que fueran progresando en dificultad a la misma vez que se mejora la destreza a la hora de manejar la aplicación de bocetado por ordenador

## Ejes I Isométricos

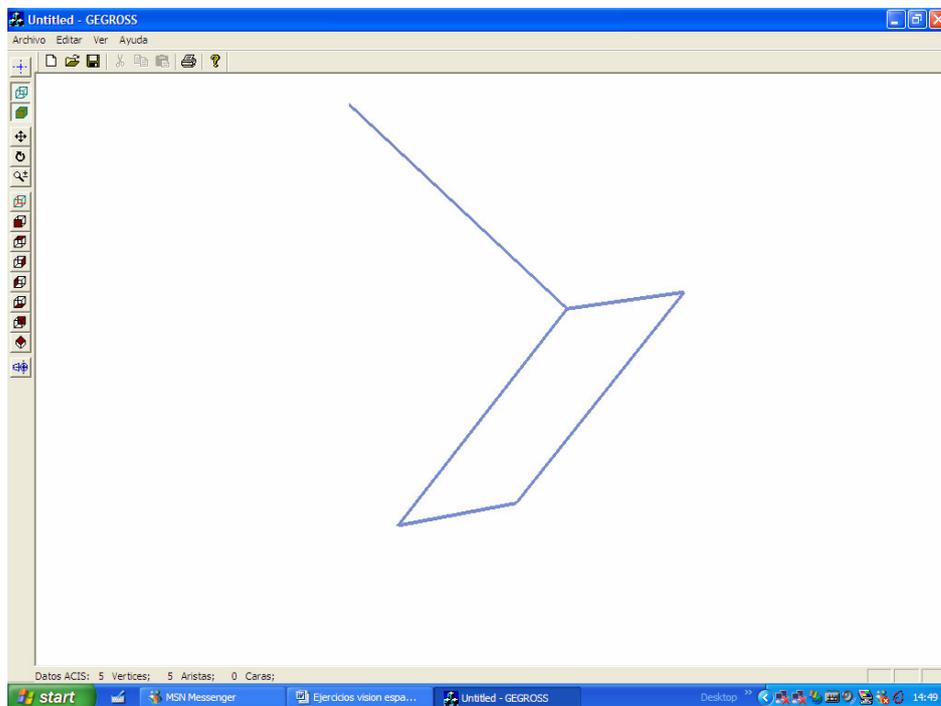
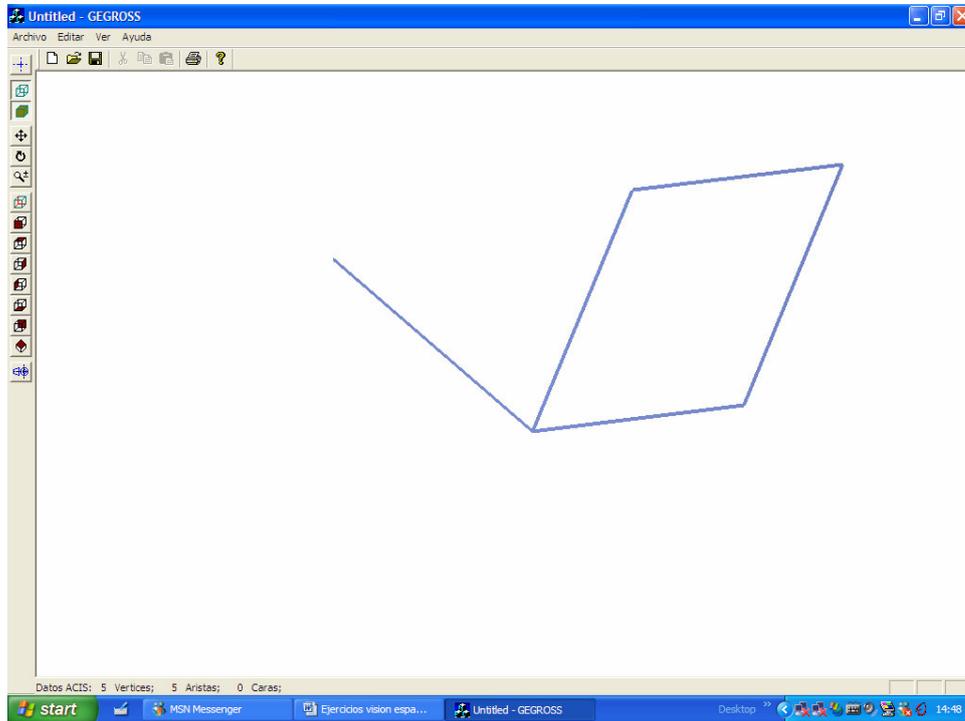
Dibujar los ejes principales del dibujo (X,Y,Z) y que la aplicación los reconozca como una entidad tridimensional es un ejercicio fundamental para poder seguir adelante. En la siguiente figura se puede ver como se puede rotar esta figura aparentemente plana. Es fundamental que los alumnos perciban que las cosas que están dibujando tienen tres dimensiones y este sencillo ejercicio les permite entender perfectamente lo que están haciendo.



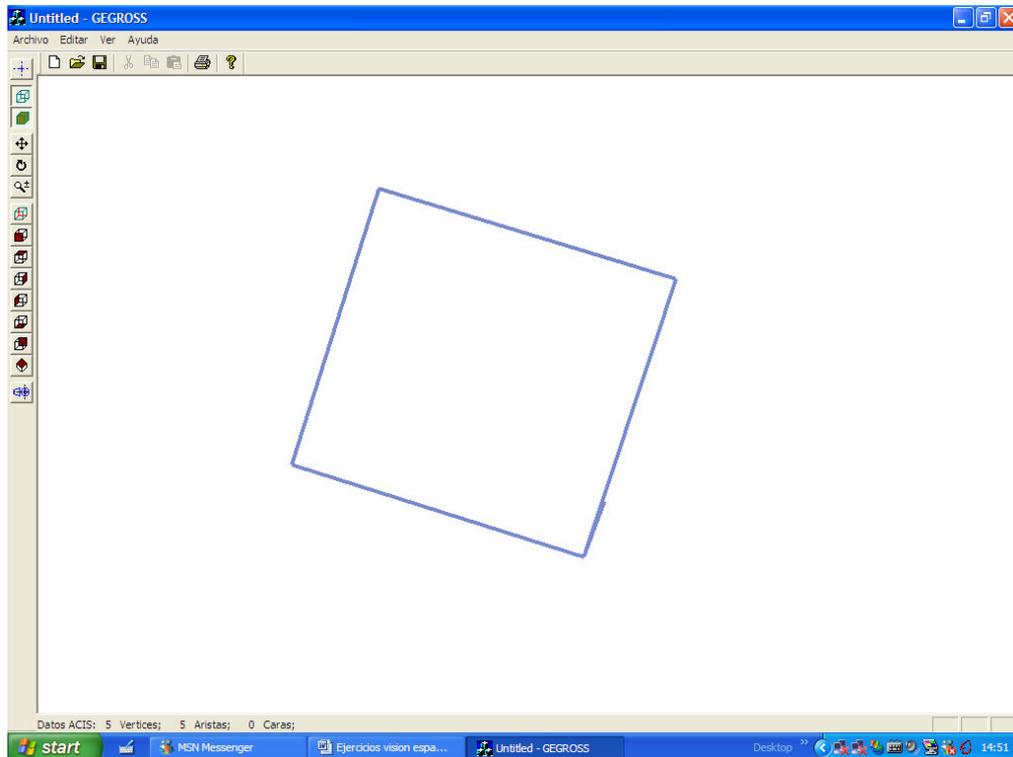
## Rotación de los ejes en el espacio



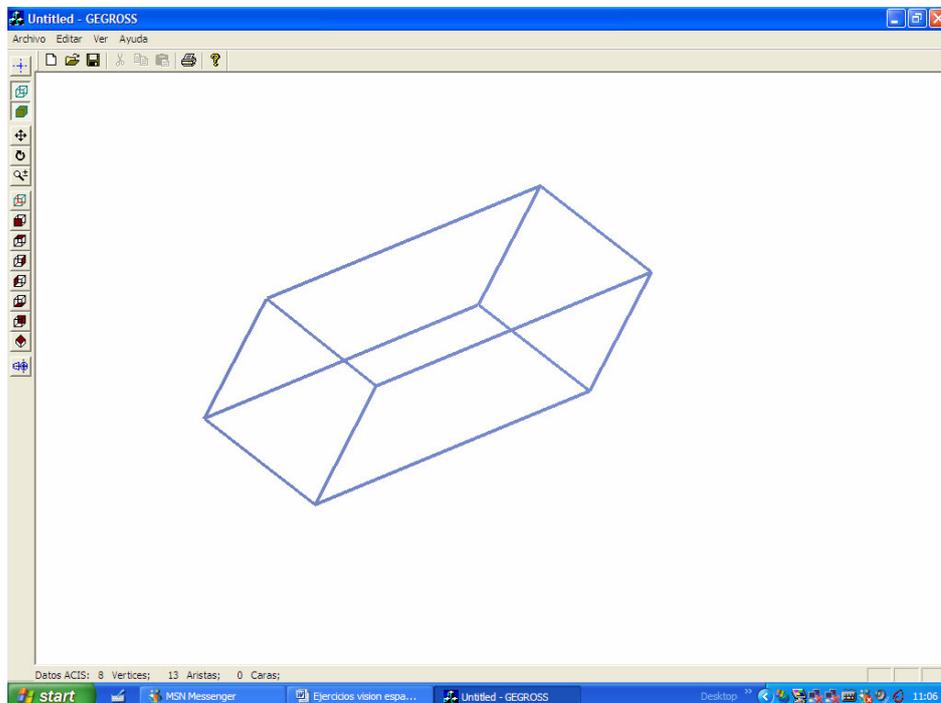
A partir de los ejes, se puede dibujar una cara y observar cómo se mueve en el espacio tridimensional.



Podemos comprobar sus giros o situar la figura en una de las vistas normalizadas. (En este caso la planta) De esta manera, sin haber completado una figura, el alumno empieza a entender los conceptos básicos de vistas normalizadas.



Podemos de esta manera completar el dibujo de un sólido elemental (paralelepípedo) y ver sus vistas normalizadas en cualquier momento.



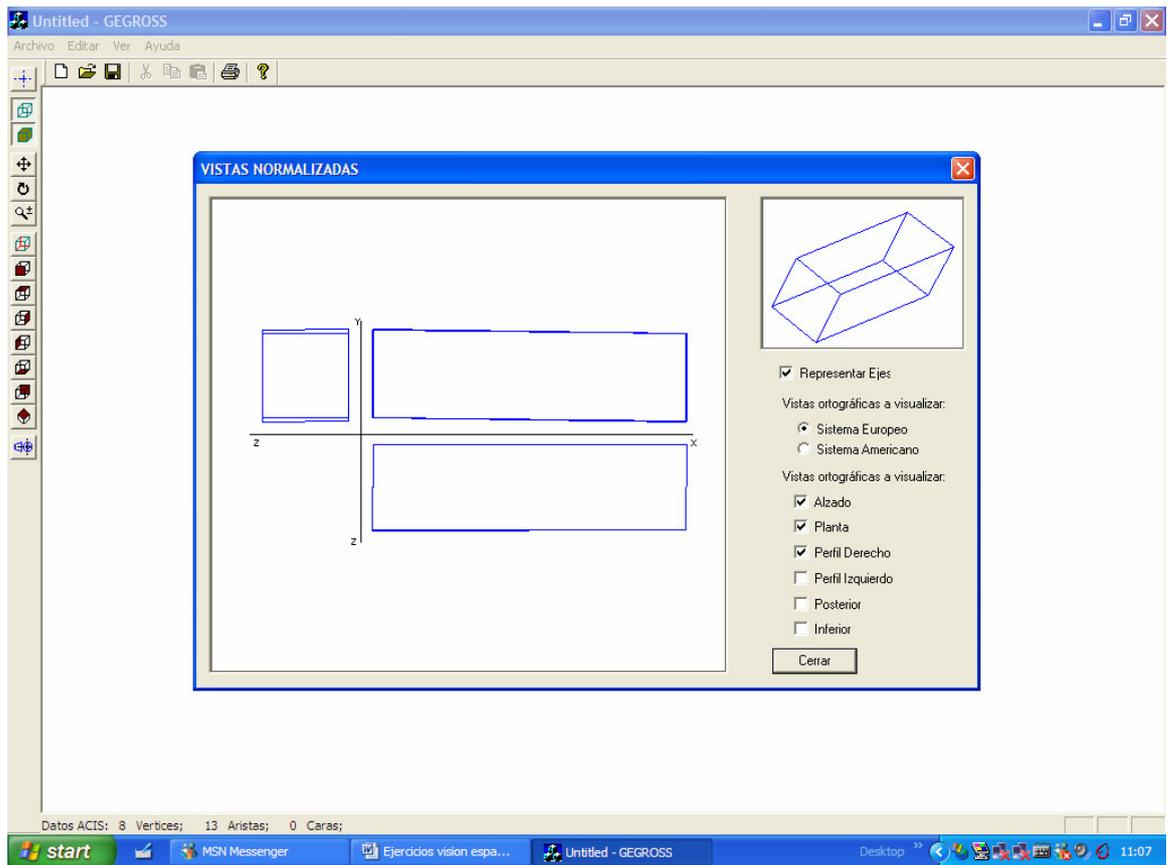


Figura 30 Pasos iniciales de la aplicación de bocetado por ordenador

## **6. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

### **6.1. Introducción**

Después de realizar la experiencia piloto asociada a los cursos de mejora y de colaborar con varias universidades para recoger datos de habilidades espaciales al inicio y a la conclusión de las asignaturas vinculada con la Expresión Gráfica disponemos de un juego muy amplio de variables. Analizar estos datos es importante para poder extraer conclusiones de cada uno de los apartados estudiados. Para dicho análisis hemos recurrido a métodos univariantes y multivariantes.

- **Análisis univariante:** Utilizaremos los resultados de las medias obtenidas en los diferentes test y compararemos los resultados con los publicados u obtenidos en otras universidades. Este análisis es el más simple, pero a la misma vez aporta información precisa y clara.
- **Análisis multivariante:** Utilizaremos todos los datos recogidos sobre cada alumno y trataremos de establecer relaciones entre dichas variables y los resultados de los test, así como de los incrementos registrados (Regresión lineal multivariante).
  - Este análisis lo realizaremos en exclusiva para los alumnos de la Universidad de La Laguna. Esto es debido a que es la población que se ha estudiado con más detalle en este trabajo de investigación y en la que se han realizado los cursos de intensificación. De esta manera y teniendo en cuenta que hablamos de una población cercana a los 500 alumnos, podemos generar un juego completo de resultados homogéneos.

### **6.2. Medición de las habilidades espaciales al inicio de curso**

En este apartado trataremos de determinar los valores medios de las habilidades espaciales al empezar la carrera. El estudio multivariante se ha realizado en cinco asignaturas troncales, tres cuatrimestrales y dos anuales, correspondientes a cuatro titulaciones de Ingeniería y la titulación de Arquitectura Técnica de la Universidad de la Laguna. Se pueden ver los temarios correspondientes a cada una de ellas en el Anexo V. Todas, con independencia del curso en el que se imparten, son el primer contacto de los alumnos de estas carreras con la Expresión Gráfica, por lo que los valores iniciales de los test se pueden considerar comparables.

Como resumen podemos indicar que (Tabla 10):

- En el temario de todas las asignaturas de ingenierías se incluye normalización, visualización de piezas y sistemas de representación (axonométrico y vistas normalizadas en diédrico).
- Tres de las asignaturas incluyen un apartado de Diseño Asistido por Ordenador en dos dimensiones.
- La asignatura evaluada en Arquitectura Técnica es Geometría Descriptiva, cuyos contenidos son diferentes a las de ingeniería y además no incluyen CAD en sus contenidos.

Las características básicas (curso, cuatrimestre, créditos de práctica y teoría, CAD) de cada una puede se detalla en la Tabla 9

Asignatura	Titulación	Curso	Sem.	Créditos	
				Teor.	Práct
Expresión Gráfica y D.A.O.	I. T. I. Electrónica Industrial	1º	1º	3	4,5
Expresión Gráfica y Cartográfica	I. T. Obras Publicas	1º	1º	3	6
Expresión Gráfica	I. Química	2º	1º	3	3
Expresión Gráfica y D.A.O.	I. T. I. Mecánica	1º	Anual	6	6
Geometría Descriptiva	E. U. Arquitectura Técnica	1º	Anual	9	6

Tabla 9 Listado de asignaturas de la Universidad de La Laguna

Asignatura	Dibujo Normalizado	Sistema Diédrico	Sistema Axonométrico	Sistema Cónico	Planos Acotados	CAD 2D	CAD 3D
Expresión Gráfica y D.A.O.	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO
Expresión Gráfica y Cartográfica	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO
Expresión Gráfica	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO
Expresión Gráfica y D.A.O.	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO
Geometría Descriptiva	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO

Tabla 10 Contenidos de las Asignaturas

Por lo tanto durante el curso 2004-2005, se ha evaluado en La Laguna una población de 460 alumnos distribuidos de acuerdo a la Tabla 11 Se ha dividido la población en hombres y mujeres porque habitualmente se supone que las habilidades espaciales dependen en gran parte del género. Por lo tanto, hemos establecido esta primera división para conocer mejor a la población de partida.

Titulación	Nº de alumnos		Total
	H	M	
I. T. I. Electrónica Industrial	60	10	70
I. T. Obras Públicas	33	25	58
I. Química	12	10	22
I. T. I. Mecánica	59	5	64
E.U. Arquitectura Técnica	154	92	246
Población Total	318	142	460

Tabla 11 Alumnos que realizaron el test a principio de curso

Antes de comenzar a impartir la docencia de las asignaturas en estudio, se procedió a evaluar las habilidades espaciales de los alumnos mediante la utilización de los test MRT y DAT (Pre-Test). Los resultados obtenidos se indican en la Tabla 12

Titulación	Puntuación Media (Desviación est.)	
	MRT	DAT
I. T. I. Electrónica Industrial	16,73 (7,90)	43,56 (10,69)
I. T. Obras Publicas	13,33 (7,69)	38,64 (11,02)
I. Química	14,32 (7,57)	42,68 (9,37)
I. T. I. Mecánica	18,48 (8,44)	42,41 (11,02)
Arquitectura Técnica	16,87 (7,53)	43,93 (8,82)
Población Total	16,51 (7,76)	43,07 (9,78)

Tabla 12 Valores iniciales obtenidos en los test MRT y DAT

Estos mismos resultados los podemos ver dependiendo del género, en la Tabla 13. Podemos comprobar como, a primera vista, se observa una clara diferencia en los valores de la variable MRT en función del género. Esta diferencia no es tan clara en el D.A.T.

Titulación	Puntuación Media (desviación estándar)			
	MRT		DAT	
	H	M	H	M
I. T. I. Electrónica Industrial	17,17 (8,00)	14,10 (7,03)	43,57 (10,69)	43,50 (11,24)
I. T. Obras Públicas	15,18 (8,67)	10,18 (5,41)	40,39 (10,92)	36,22 (10,93)
I. Química	17,50 (7,97)	10,50 (5,15)	45,00 (10,30)	39,90 (7,71)
I. T. I. Mecánica	19,36 (8,16)	8,20 (3,70)	42,29 (12,73)	43,80 (4,97)
Arquitectura Técnica	18,70 (7,29)	13,79 (6,94)	44,04 (8,56)	43,75 (9,27)
Población Total	18,03 (7,71)	12,87 (6,60)	43,43 (9,76)	42,41 (9,82)

Tabla 13 Valores iniciales separados por sexo

Aparte de los datos de los test, a cada alumno se le ha pasado un cuestionario que nos proporciona la siguiente información:

- Asignatura que está cursando
- Repetidor (si/no)
- Sexo
- Edad
- Vía de entrada a la Universidad (Bachillerato, FP, Otra Carrera,...)
- Trabajador (si/no)
- Años que ha estudiado dibujo técnico.
- Aplicaciones CAD con las que ha trabajado
- Jugador habitual de videojuegos
- Aficionado a los deportes
- Dispone de conexión a Internet con facilidad (si/no)

Como ya hemos indicado, se suele señalar el género como una de las variables que afectan a los resultados de los test de visión espacial. En nuestro caso, realizaremos un estudio multivariante donde mediremos el efecto estadístico conjunto de todas las variables anteriores sobre la población total de alumnos.

### **6.2.1. Comparativa de resultados con otras Universidades. (Estudio Univariante)**

Como hemos comentado, a lo largo de este estudio hemos recopilado datos, no sólo de la Universidad de La Laguna, sino también de la Politécnica de Cartagena y de la Universidad Jaume I de Castellón. Además de estos datos, disponemos, en España, de estudios referenciados sobre la Universidad de Alicante [60] y la Complutense de Madrid [47]. De esta manera podemos comparar los resultados en visión espacial con los de otras universidades para hacernos una idea global de las habilidades espaciales de los estudiantes justo antes de empezar a estudiar las carreras técnicas.

Aunque existen muchos artículos que utilizan test, es importante asegurarse que utilizan la misma versión del mismo y que se está ejecutando de la misma manera. En concreto en la bibliografía se han encontrado diferentes modelos de test MRT y diferentes maneras de obtener los resultados (tiempo de ejecución distintos, número de ítems distintos...). El test DAT:SR es más estándar, pero también se han encontrado aplicaciones cuyo número de ítems es diferente del de la versión española.

Es por ello que en esta tabla se incluyen principalmente resultados obtenidos en universidades españolas. Los resultados de estas universidades son perfectamente comparables, ya que se han utilizado exactamente los mismos test. En la tabla, se han incluido también los resultados de un estudio conjunto realizado en Estados Unidos, Alemania y Polonia [55]. Es difícil garantizar que dichos valores sean completamente comparables a los obtenidos en universidades españolas, ya que en la bibliografía sólo indica el nombre del test y no es posible concluir si la variante utilizada es la misma que en España. De todas formas hemos dejado los datos porque sirven para ilustrar la situación de la medición de habilidades espaciales.

	Número de Alumnos	DAT:SR	MRT
Universidad de La Laguna	460	43,07 (9,78)	16,51 (7,76)
Universidad de Alicante [60]	786	34,4 (4,7)	-
Universidad Complutense de Madrid [47]	535	47,6 (3,30)	-
Universidad Politécnica de Cartagena	132	47,06 (8,28)	23,05 (7,90)
Universidad Jaume I Castellón	22	47,97 (5,83)	20,72 (6,98)
Valores de referencia para la población universitaria española [4]		36,3 (10,5)	-
Valores obtenidos en Francia para alumnos de instituto (15-19 años) [1]	512	-	16,58 (-)
Michigan Technological University (EEUU) [55]	59	48,79 (16,10)	24,51 (19,40)
University of Kaiserslautern (Alemania) [55]	220	49,42 (13,32)	25,31 (21,83)
Cracow University of Technology (Polonia) [55]	160	49,44 (13,77)	24,56 (22,17)

Tabla 14 Comparativa de medias de habilidades espaciales. Se incluye la desviación estándar entre paréntesis.

Del análisis de estas tablas podemos ver que las habilidades espaciales a la entrada de los estudios universitarios no es una variable homogénea. En concreto hay una gran diferencia observada que depende de la universidad que se esté estudiando. Esto es lógico ya que los procesos de selección de estudiantes no son iguales en todas las universidades. Podemos detectar varias variables importantes que influyen en este proceso y que con seguridad filtran los alumnos:

- Nota mínima de entrada en la Prueba de Acceso a la Universidad
- Números clausus
- Prestigio/fama de la universidad
- Exigencia de un itinerario en Bachiller para acceder a carreras técnicas
- Fama de exigencia o dificultad de las carreras técnicas

En el caso del DAT, en las instrucciones en español suministradas por TEA, se disponen de datos medios para la población universitaria española que nos permite determinar el nivel de habilidades espaciales de los alumnos justo al comienzo de las carreras universitarias. Es interesante comprobar, cómo salvo en el caso de la Universidad de Alicante, los valores obtenidos por los alumnos de carreras técnicas obtienen una media superior a la esperada para este segmento de población. Sorprende que los valores referenciados en el extranjero (EEUU, Alemania, Polonia) sean tan altos y con una desviación estándar tan elevada.

En el caso del test MRT no existen valores de referencia, por lo que lo único que podemos hacer es comparar unas universidades con otras. De nuevo observamos unos valores muy altos para las tres universidades anteriores, mientras que los resultados de los test en alumnos de instituto de Francia arrojan unos valores más cercanos a los que hemos obtenido en nuestros propios estudios. La gran diferencia observada con los valores de EEUU, Alemania, y Polonia, nos induce a pensar que han utilizado una variante diferente del mismo test o quizás los tiempos de ejecución no han sido los mismos.

## 6.2.2. Análisis multivariante de los datos del pre-test obtenidos en La Universidad de La Laguna

Más interesante que este estudio univariante de los resultados es comprobar si podemos establecer alguna relación entre las variables conocidas de cada alumno y sus resultados en los test de habilidades espaciales. El método utilizado es el de regresión lineal multivariante. Es decir trataremos de comprobar si los valores de habilidades espaciales se pueden escribir como una expresión matemática que dependa de las variables que disponemos.

$$\text{MRT} = K + \text{Beta}_{11}V_1 + \text{Beta}_{12}V_2 + \dots + \text{Beta}_{1n}V_n$$

$$\text{DAT} = Q + \text{Beta}_{21}V_1 + \text{Beta}_{22}V_2 + \dots + \text{Beta}_{2n}V_n$$

Es importante señalar que no todas las variables son numéricas sino que algunas son dicotómicas, es decir sólo pueden adoptar dos valores, 0 ó 1. Por ejemplo el sexo de los alumnos se representa por mujer=1, hombre=0. Las dos únicas variables que pueden adoptar más de dos valores corresponden a la asignatura cursada y a la procedencia de los alumnos. Estas variables tendrán un tratamiento especial que se detalla más adelante. De tal manera que los valores de las variables quedan de la siguiente manera:

- Asignatura que está cursando
  - (Ing. Química, Ing. Ind. Electrónica, Ing. Obras Públicas, Ing. Mecánica, Arquitectura Técnica)
- Repetidor (si =1 / no=0)
- Sexo (mujer =1 / hombre=0)
- Edad (variable numérica)
- Vía de entrada a la Universidad (Bachillerato, FP, Otra Carrera,...)
- Trabajador (si=1/ no=0)
- Años que ha estudiado dibujo técnico (variable numérica)
- Aplicaciones CAD (si=1 / no =0)
- Jugador habitual de videojuegos (si=1 / no=0)
- Aficionado a los deportes (si=1 / no=0)
- Dispone de conexión a Internet con facilidad (si=1 / no=0)

Para el ajuste de los modelos de regresión utilizaremos el programa estadístico SPSS. Destacamos los siguientes aspectos metodológicos:

- Aunque los resultados se omiten, se han analizado las salidas de SPSS que permiten valorar las hipótesis del modelo de regresión lineal múltiple: la normalidad de los residuos se ha puesto de manifiesto mediante histogramas y gráficos P-P; la comprobación de la homocedasticidad en los distintos niveles de las covariables también se ha basado en los gráficos de los residuos frente a los valores pronosticados; finalmente, el problema de la multicolinealidad se ha tratado observando el valor de la tolerancia, del factor de inflación de la varianza (Kleinbaum) y del índice de condición (Belsley) en los distintos modelos. En todos los casos los resultados de estas comprobaciones acerca de las hipótesis de partida han resultado satisfactorios
- En relación al carácter de las variables, aquellas que no son dicotómicas ni numéricas (asignatura y procedencia) han sido recodificadas mediante

variables auxiliares que toman la primera categoría como referencia, Ingeniería Química (IQ) y Bachillerato respectivamente, y han sido tratadas como sendos bloques de variables dicotómicas. Puede verse un esquema del procedimiento en la tabla siguiente.

Variable original		Remodificación mediante variables auxiliares			
		ITI vs IQ	ITM vs IQ	ITOP vs IQ	APAR vs IQ
Asignatura	IQ	0	0	0	0
	ITI	1	0	0	0
	ITM	0	1	0	0
	ITOP	0	0	1	0
	Aparejadores	0	0	0	1
Procedencia		FP vs BACHILLERATO	OTRASC vs BACHILLERATO	RESTO vs BACHILLERATO	
	Bachillerato	0	0	0	
	FP	1	0	0	
	Otras carreras	0	1	0	
	Otras	0	0	1	

- Se han ajustado los modelos mediante una selección de variables hacia delante, es decir, introduciendo una nueva variable sólo si significaba una mejora significativa en la precisión del modelo. En este proceso los bloques de variables auxiliares correspondientes a asignatura y procedencia se han incluido cuando han resultado significativas.
- Se han realizado los ajustes en presencia y en ausencia de alumnos repetidores.

Respecto de los resultados presentados aquí, nos centramos en cuantificar la precisión del modelo mediante el estadístico  $R^2$  corregido y en la estimación de los coeficientes  $Beta_i$  del modelo, que permite valorar el sentido y la importancia de cada variable en el modelo. Asimismo, se han estudiado otros resultados para evaluar las hipótesis del modelo, valorando la normalidad de los residuos o la presencia de multicolinealidad, pero omitimos los detalles por brevedad.

*Aunque se ha realizado el análisis con y sin repetidores, en el caso de los datos iniciales, se ha escogido eliminar a los mismos para que los resultados no estén distorsionados y analizar únicamente los alumnos que acceden por primera vez a la asignatura estudiada.*

Es importante señalar que los valores de correlación (expresado por el valor de  $R^2$  corregido cuyo rango se sitúa entre 0 y 1) son, en este caso, bastante bajos. Esto indica que no son precisos en la predicción de la puntuación de los distintos alumnos en función de las covariables observadas. Esto es lógico, ya que se están ignorando otras covariables que definirían con mayor precisión las capacidades personales de cada alumno.

Sin embargo, el objetivo de estos modelos multivariantes de regresión lineal no es la predicción de la variable de respuesta, es decir, la predicción de las puntuaciones en los test, sino la de contrastar la significación de las covariables observadas, la relevancia que tienen como factores diferenciadores en la puntuación obtenida por el alumnado. Es por tanto el valor de la significación del ajuste de esas variables (inferior siempre a 0,05) lo que tomamos como referencia a la hora de seleccionar los parámetros que afectan a las habilidades espaciales a la entrada de la universidad.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

## TEST MRT

- **Variables que tienen influencia**
  - Sexo
  - Videojuegos
  - Edad
  - Años de dibujo
- **Regresión multivariante definitiva para el MRT a la entrada**
  - Coeficiente  $R^2$  corregido: 0,136
  - Significación ( $0,017 < 0,05$ )
  - Coeficientes (Betas) de las variables significativas
    - Constante = 22,844
    - Beta (Videojuegos si=1/no=0) = 2,060
    - Beta (Sexo (m=1 / h=0)) = -4,035
    - Beta (Edad) = -0,39
    - Beta (Años dibujo) = 1,15

## TEST DAT

- **Variables que tienen influencia**
  - Procedencia del alumno
  - Edad
  - Años de dibujo
- **Regresión multivariante definitiva para el MRT a la entrada**
  - Coeficiente  $R^2$  corregido: 0,066
  - Significación ( $0,01 < 0,05$ )
  - Coeficientes (Betas) de las variables significativas
    - Constante = 48,078
    - Beta (FP versus Bachiller) = -1,603
    - Beta (Otras carreras versus Bachiller) = 2,538
    - Beta (Resto versus Bachiller) = -8,101
    - Beta (Edad) = -0,329
    - Beta (Años dibujo) = 1,522

### ***Fórmulas de regresión multivariante***

De todo lo anterior se concluyen las siguientes ecuaciones

$$\text{MRT (esperado)} = 22,844 + 2,060 *(\text{Videojuegos}) - 4,035 *(\text{sexo}) - 0,39 * (\text{Edad}) + 1,15 * (\text{Años de dibujo})$$

$$\text{DAT (esperado)} = 48,078 + 1,522 *(\text{años de dibujo}) - 0,329 * (\text{Edad}) - 1,603 (\text{FP}) + 2,538 (\text{Otras carreras}) - 8,101 (\text{otras procedencias})$$

Hay que recordar que la idea de estos modelos no es ser adivinadores de lo que los alumnos van a sacar en los test, sino seleccionar los parámetros que influyen en los resultados. Los coeficientes Beta nos dan una idea del "peso" que dicho parámetro tiene sobre los demás.

Como se puede ver, el caso del MRT el sexo tiene una influencia negativa, lo que coincide con los primeros análisis llevados a cabo por Vanderberg y Kuse [33]. La edad también tiene una influencia negativa, mientras que los videojuegos y los años de dibujo cursados previamente a la entrada en la universidad tienen una influencia positiva.

En el caso del DAT no se observa influencia del sexo, ni de los videojuegos, aunque sí de los años cursados de dibujo. Aquí nos aparece una influencia de la procedencia de los alumnos, favoreciendo a los alumnos de otras carreras o de FP, frente a los que preceden de Bachillerato.

### **6.3. Resultados de la experiencia piloto de creación de cursos intensivos de mejora de las habilidades espaciales**

Como hemos podido ver, los alumnos que acceden a la universidad presentan unos niveles de habilidades espaciales que varían mucho. Esto genera una dificultad a la hora de impartir las asignaturas de Expresión Gráfica, ya que un grupo de alumnos no es capaz de seguir el ritmo de las clases, no por falta de conocimientos, sino por falta de habilidades. Esto da lugar a abandonos y a bajas calificaciones en las asignaturas de fuerte contenido en lenguaje visual.

La idea por lo tanto era localizar a dichos alumnos, impartirles un curso intensivo que les permitiera seguir sin dificultad el contenido de las distintas asignaturas del área. Como hemos comentado anteriormente, además se quería comprobar el efecto de distintas metodologías sobre el desarrollo de las habilidades espaciales.

En el punto anterior hemos comentado que el tamaño de la población a la que se le pasaron los test iniciales (Pre-TEst) fue de 461 alumnos. La media obtenida para el total fue de 16,51 (test MRT) y 43,07 (Test DAT). Hemos pretendido, que los alumnos seleccionados representaran aproximadamente el 20% peor de la muestra. Eso implica, (dado que los valores de los test se suponen con una distribución normal), que se escogieran alumnos que en alguno de los test han obtenido valores cercanos a la media menos una desviación típica. (16,37% de la muestra)

En nuestro caso, los valores de referencia fueron:

$$\text{DAT} = \text{Media} - \text{Desv. Est} = 43,07 - 9,78 = 33,29$$

$$\text{MRT} = \text{Media} - \text{Desv. Est} = 16,51 - 7,76 = 8,75$$

También se ofreció a los alumnos que superaban esos valores, pero estaban cerca de ellos, la posibilidad de apuntarse voluntariamente a los cursos de refuerzo. De tal manera, que del total alumnos que accedían a la universidad se seleccionaron 78 para recibir estos cursos de intensificación de las habilidades espaciales. Los valores medios y las desviaciones típicas en los test para este grupo eran 9,04 (4,27) para el MRT y 31,44 (7,20) para el DAT.

Estos alumnos se dividieron en tres grupos a cada uno de los cuales se les impartió diferentes cursos de intensificación (denominados A, B y C, y descritos anteriormente). Por su duración, dichos cursos no pretendían desarrollar al máximo las habilidades espaciales de los alumnos, sino solamente elevar su nivel, hasta un punto donde pudieran seguir el desarrollo normal de las clases.

Después de los cursos de intensificación se volvieron a pasar los dos test (MRT y DAT) a los alumnos para evaluar su mejora. Dicha prueba se ha denominado como Post-Test. Era importante garantizar que la mejora en la visión espacial tuviera lugar como consecuencia de los cursos intensivos. Para eliminar el posible efecto en el resultado de los test de los contenidos de las asignaturas de la carrera, dichos cursos se impartieron al principio del año académico. La intensificación se dividió en tres sesiones de dos horas a lo largo de una semana. Los ejercicios propuestos en los cursos no incluían problemas del estilo a los que configuran los test para que no se produjeran distorsiones en los resultados.

Los resultados obtenidos por los diferentes grupos tras la aplicación de los cursos de intensificación fueron los siguientes (se añade como referencia una línea con los datos obtenidos por la población total estudiada)

	MRT		DAT	
	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test
<b>Población total (N= 460)</b>	16,51 (desv = 7,76)		43,07 (desv= 9,78)	
<b>Grupo A (N= 17)</b>	8,18 (desv = 4,60)	13,53 (desv = 6,12)	28,47 (desv= 8,57)	39,35 (desv=10,09)
<b>Grupo B (N=15)</b>	9,60 (desv = 4,46)	13,27 (desv=4,80)	30,53 (desv=5,40)	35,67 (desv=5,60)
<b>Grupo C (N=20)</b>	7,85 (desv = 3,56)	12,05 (desv=5,33)	33,00 (desv=6,26)	40,40 (desv=8,92)

Tabla 15 Resultados obtenidos en los cursos de intensificación

Para el análisis estadístico, se parte de la hipótesis nula (Ho) de que los valores medios de habilidades de visualización espacial no han variado después de la aplicación de los cursos. Se aplica la prueba T de Student para series emparejadas y se obtienen los valores p que representa la probabilidad de que dicha hipótesis sea cierta.

	MRT	DAT
<b>Grupo A</b>	P = 0,000114965 < 0,01	P = 0,0000004 < 0,01
<b>Grupo B</b>	P = 0,0430 < 0,05	P = 0,00199 < 0,01
<b>Grupo C</b>	P = 0,00050517 < 0,01	P = 0,0000218 < 0,01

Tabla 16 Significación estadística de la hipótesis cero "las medias no mejoran"

Se puede comprobar que para todos los casos, el nivel de significación no llega en ningún caso al 1% (salvo el grupo B, prueba MRT que no alcanza el nivel de significación del 5%).

Es por ellos que se rechaza la hipótesis nula en todos los casos y podemos afirmar con un nivel de significación superior al 99% que la media de los grupos estudiados ha experimentado variación (En este caso positiva). Es decir, que existe un efecto de los cursos de intensificación sobre el valor medio de las habilidades espaciales medidas por ambos test (MRT y DAT). El efecto obtenido es el de aumentar dichas habilidades en los sujetos sometidos a los cursos.

Se puede determinar si alguno de estos cursos ha obtenido mejores resultados que los demás mediante el análisis de la varianza (ANOVA) de las mejoras que han experimentado los estudiantes.

El caso del DAT, se obtiene un p-valor de 0,58 por lo que tenemos que aceptar la hipótesis nula (significación de 0,05), es decir la media de mejora en el test DAT de todos los cursos es la misma.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	25,837	2	12,9184	0,5370	<b>0,5879</b>	3,1866
Dentro de los grupos	1178,682	49	24,0547			
Total	1204,519	51				

Tabla 17 Análisis de varianza para el DAT

En el caso del test MRT se obtiene un p-valor de 0,019, inferior a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula. Es decir alguno de los cursos está obteniendo mejores resultados.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	271,010	2	135,5048	4,3332	<b>0,0185</b>
Dentro de los grupos	1532,298	49	31,2714		
Total	1803,308	51			

Tabla 18 Análisis de varianza para el MRT

Para determinar cuál o cuales de los cursos presentan una mejora haremos una comparativa dos a dos de todos ellos. Recordemos la nomenclatura aplicada:

Curso A: Croquización y ejercicios clásicos con lápiz y papel

Curso B: Ejercicios con recursos web

Curso C: Ejercicios utilizando la aplicación de bocetado por ordenador eCIGRO

Dicha comparativa se realiza mediante la prueba de Tukey con un intervalo de confianza de 0,05. Los resultados nos indican que la única comparación en la que aparecen diferencias en las medias de las mejoras es entre los cursos A y B o lo que es lo mismo entre el de croquización a lápiz y papel y el de recursos web. Las demás comparaciones no presentan diferencias significativas en el incremento de las medias de resultados del test MRT.

Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%:

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
A vs B	5,749	2,902	2,417	<b>0,015</b>	<b>Si</b>
A vs C	3,482	1,888	2,417	0,153	No
C vs B	2,267	1,187	2,417	0,467	No

Tabla 19 Prueba de Tukey (HSD) para el test MRT

Vistos estos resultados (a pesar de que en rotaciones hay un contraste que presenta diferencias), y siendo conservadores con los datos obtenidos, podemos concluir que no se observan grandes variaciones entre las mejoras (medidas por los resultados de los dos test) de visión espacial, proporcionadas en los tres diferentes cursos.

## 6.4. Evaluación del efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica sobre las habilidades espaciales

Al finalizar el periodo de docencia se volvieron a pasar los mismos test (Post-Test) a los alumnos. Este proceso se repitió en la medida de lo posible en las tres universidades de las que se estaban extrayendo datos. Por diferentes motivos, no siempre se pudo conseguir repetir los test, aunque se repitieron en casi todas las clases que se pasaron los test iniciales.

En el caso de la universidad de la Laguna, se les pasaron los test finales a todas las clases que habían empezado el proyecto. Como es lógico la población en este segundo caso es inferior a la del principio, ya que muchos alumnos no asisten presencialmente al final del cuatrimestre o abandonan la asignatura. A pesar de ello, se ha logrado que alrededor del 40% de los alumnos originales pasaran este segundo test.

Titulación	Nº de alumnos		Total
	H	M	
I. T. I. Electrónica Industrial	41	8	49
I. T. Obras Públicas	13	8	21
I. Química	9	7	16
I. T. I. Mecánica	30	3	33
E.T. Arquitectura Técnica	42	23	65
Población Total	135	49	184

Tabla 20 Alumnos que pasaron los test a final de curso

Titulación	Puntuación Media (desviación estándar)			
	MRT		DAT	
	Pre test	Post test	Pre test	Post test
I. T. I. Electrónica Industrial	16,73 (7,90)	43,56 (10,69)	24,31 (8,53)	50,65 (7,70)
I. T. Obras Públicas	13,33 (7,69)	38,64 (11,02)	23,52 (8,71)	49,05 (6,82)
I. Química	14,32 (7,57)	42,68 (9,37)	24,94 (9,42)	51,19 (7,40)
I. T. I. Mecánica	18,48 (8,44)	42,41 (11,02)	27,33 (8,48)	52,68 (5,07)
E.T. Arquitectura Técnica	16,87 (7,53)	43,93 (8,82)	23,34 (8,30)	48,89 (6,53)
Población Total	16,51 (7,76)	43,07 (9,78)	24,57 (8,40)	50,24 (6,79)

Tabla 21 Resultados obtenidos en los test finales

Se puede comprobar estadísticamente que se ha producido una mejora en las medias de los grupos evaluados, tanto a nivel de cada carrera como en el total de los alumnos. Para ello se ha realizado la prueba T de Student, suponiendo como hipótesis nula ( $H_0$ ) que no existe una mejora en la media de los resultados de los test. A partir de dicha prueba se obtiene los p-valores que representan la probabilidad de que dicha hipótesis sea cierta. Como se puede ver en la Tabla 22 el nivel de significación es siempre inferior al 1 ‰.

Titulación	MRT	DAT
I. T. I. Electrónica	3,36 E-09 < 0,001	1,54E-07 < 0,001
I. T. Obras Publicas	5,13 E-07 < 0,001	1,20E-04 < 0,001
I. Química	8,39 E-06 < 0,001	1,59 E-05 < 0,001
I. T. I. Mecánica	1,54 E-09 < 0,001	1,21 E-05 < 0,001
E.T.U. Arquitectura Técnica	1,64 E-07 < 0,001	1,36 E-05 < 0,001
Población Total	1,03 E-36 < 0,001	3,19 E-24 < 0,001

Tabla 22 Nivel de significación de la hipótesis nula

Por lo tanto podemos rechazar la hipótesis nula y damos como válida la contraria, es decir se ha producido una mejora sensible de las habilidades espaciales medidas en ambos test, con niveles de significación muy importantes.

#### 6.4.1. Comparativa de resultados (Estudio univariante)

Siguiendo el mismo razonamiento que se ha seguido en el pre-test, resulta interesante comparar los datos de las medias obtenidas por los alumnos después de cursar asignaturas de Expresión Gráfica en diferentes asignaturas. En este caso, no sólo resulta interesante comparar el valor medio sino también la ganancia de habilidades espaciales

En la Tabla 23, podemos ver los resultados obtenidos, tanto para las tres universidades en las que se han pasado los test (Cartagena, La Laguna y Castellón), como para aquellas de las que se tienen referencias bibliográficas. (Madrid, Alicante,...)

Es importante indicar que con el análisis multivariante no se intenta obtener conclusiones, sino más bien realizar un cuadro descriptivo de los valores a la entrada y a la salida de diferentes universidades. El análisis de las diferencias sería un estudio mucho más complejo del que se ha llevado a cabo en esta tesis y el objetivo al poner este cuadro es situar juntos todos los valores que se están suministrando desde diferentes universidades.

Una vez dicho lo anterior, el mero hecho de ver los datos comparados, nos llevan a obtener una serie de conclusiones por observación que son bastante interesantes en sí mismas y que conducirían a estudios posteriores que quisiesen profundizar en ellos.

	Número de Alumnos	DAT:SR (pre)	DAT:SR (post)	MRT (pre)	MRT (post)
La Laguna	460 (184)	43,07 (9,78)	50,24 (6,79)	16,51 (7,76)	24,57 (8,40)
Universidad de Alicante [60]	786	34,4 (4,7)		-	
Universidad Complutense de Madrid [47]	535 (535)	47,6 (3,30)	51,3 (3,63)	-	-
Universidad Politécnica de Cartagena	132 (22)	47,06 (8,28)	52,23 (5,75)	23,05 (7,90)	32,55 (6,98)
Universidad Jaume I Castellón	22 (22)	47,97 (5,83)	52,73 (4,22)	20,72 (6,98)	26,45 (7,04)
Valores de referencia para la población universitaria española [4]	-	36,3 (10,5)	-	-	-
Valores obtenidos en Francia para alumnos de instituto (15-19 años) [1]	512	-	-	16,58 (-)	-
Michigan Technological University (EEUU) [55]	59 (51)	48,79 (16,10)		24,51 (19,40)	31,81
University of Kaiserlauten (Alemania) [55]	220 (110)	49,42 (13,32)	-	25,31 (21,83)	31,83
Cracow University of Technology (Polonia) [55]	196 (174)	49,44 (13,77)	-	24,56 (22,17)	35,00

Tabla 23 Comparativa de resultados test finales

Si escribimos sólo las ganancias conseguidas en visión espacial, obtenemos la siguiente tabla

	Número de Alumnos	DAT:SR (ganancia)	MRT (ganancia)
ULL (La Laguna)	184	7,17	8,06
UCM (Madrid)	535	4,3	-
UPCT (Cartagena)	22	5,17	9,50
UJI (Castellón)	22	5,24	5,73
MTU (EEUU)	51	-	7,30
UKL (Alemania)	110	-	6,52
CUT (Polonia)	174	-	10,44

Tabla 24 Comparativa de ganancia de habilidades espaciales

Es más habitual hablar de las ganancias obtenidas que de los valores finales de los test, ya que hay de esta manera se puede prescindir del valor inicial del que se partía al iniciar el estudio. En realidad y como demostraremos en el siguiente punto esto no es así, ya que aquellos alumnos que parten de valores más altos, tienen menos posibilidades de mejora.

## 6.4.2. Análisis multivariante de los datos del post-test obtenidos en La Universidad de La Laguna

Igual que para el caso del pre-test, el método utilizado es el de regresión lineal multivariante. La diferencia fundamental es que en este caso, trataremos de encontrar una expresión de ajuste para los incrementos producidos en los valores de habilidades espaciales. Por lo tanto, incluiremos como variable independiente el valor de la habilidad espacial que tiene cada alumno al comienzo de la asignatura.

Las ecuaciones que buscamos son por lo tanto:

$$\text{Incremento de MRT} = K + \text{Beta}_{11}V_1 + \text{Beta}_{12}V_2 + \dots + \text{Beta}_{1n}V_n$$

$$\text{Incremento de DAT} = Q + \text{Beta}_{21}V_1 + \text{Beta}_{22}V_2 + \dots + \text{Beta}_{2n}V_n$$

Las variables que analizaremos serán:

- Valor inicial de habilidad espacial
  - *(Nueva variable que se añade a las anteriores y que como veremos tiene mucha importancia)*
- Asignatura que está cursando
  - (Ing. Química, Ing. Ind. Electrónica, Ing. Obras Públicas, Ing. Mecánica, Arquitectura Técnica)
- Repetidor (si =1 / no=0)
- Sexo (mujer =1 / hombre=0)
- Edad (variable numérica)
- Vía de entrada a la Universidad (Bachillerato, FP, Otra Carrera,...)
- Trabajador (si=1 / no=0)
- Años que ha estudiado dibujo técnico (variable numérica)
- Aplicaciones CAD (si =1 / no =0)
- Jugador habitual de videojuegos (si=1 / no=0)
- Aficionado a los deportes (si=1 / no=0)
- Dispone de conexión a Internet con facilidad (si=1 / no=0)

Siguiendo un proceso análogo al realizado para los valores iniciales, para el cálculo de los coeficientes Betas de la regresión lineal utilizaremos el programa SPSS. Los resultados completos del análisis estadístico se presentan en el anexo VI, y en todos ellos se realiza el diagnóstico de colinealidad de las variables estudiadas y el estudio de los estadísticos de los residuos.

Podemos observar lo siguiente:

- *Los ajustes de los modelos son mucho mejores que en el caso de la entrada a la universidad ( $R^2$  corregida son bastante altos) Es decir estas fórmulas podrían ser bastante predictoras del resultado final de cada alumno. Sin embargo hay que recordar que el objetivo fundamental de este estudio no es predecir resultados sino seleccionar los parámetros que influyen en el resultado final. Los coeficientes Beta nos dan una idea del "peso" de cada uno de estos parámetros en el resultado final.*
- *En todos ellos se observa una clara influencia de la carrera estudiada.*
- *El ajuste con repetidor o sin ellos es muy parecido.*

- *Se ha optado por escoger el que incluye los repetidores, ya que parece el más consistente de todos. Además el hecho de incluir a los mismos no debe distorsionar los resultados, ya que las condiciones en las que se realiza la asignatura no depende de si son o no repetidores. Todos los alumnos matriculados han tenido el mismo seguimiento de las clases teóricas y prácticas.*

Teniendo en cuenta estos aspectos, los resultados que se obtienen son los siguientes:

### **TEST MRT**

- **Variables que tienen influencia**
  - Valor inicial del test MRT
  - Sexo
  - Repetidor
  - Asignatura cursada por el alumnos
- **Regresión multivariante definitiva para el MRT al finalizar las asignatura**
  - Coeficiente  $R^2$  corregido: 0,227
  - Significación (0,002 < 0,05)
  - Coeficientes (Betas) de las variables significativas
    - Constante = 15,442
    - Beta (MRT inicial) = -0,270
    - Beta (Sexo (m=1 / h=0)) = -3,809
    - Beta (Repetidor (si =1 / no=0)) = -4,448
    - Beta (ITI vs IQ) = -3,392
    - Beta (ITOP vs IQ) = -0,386
    - Beta (ITM vs IQ) = -2,475
    - Beta (AT vs IQ) = -3,161

### **TEST DAT**

- **Variables que tienen influencia**
  - Valor del test DAT inicial
  - Asignatura cursada por el alumnos
- **Regresión multivariante definitiva para el MRT al finalizar las asignaturas**
  - Coeficiente  $R^2$  corregido: 0,493
  - Significación (0,000 < 0,05)
  - Coeficientes (Betas) de las variables significativas
    - Constante = 27,159
    - Beta (DAT inicial) = -0,462
    - Beta (ITI vs IQ) = -0,758
    - Beta (ITOP vs IQ) = -0,906
    - Beta (ITM vs IQ) = 1,189
    - Beta (AT vs IQ) = -2,961

### **Fórmulas de regresión multivariante**

De todo lo anterior se concluyen las siguientes ecuaciones

$$\text{Incremento esperado de MRT} = 15,442 - 0,270 * (\text{MRT inicial}) - 3,809 * (\text{sexo}) - 4,448 * \text{Repetidor} - 3,392 * (\text{ITI}) - 0,386 * (\text{ITOP}) - 2,475 * (\text{ITM}) - 3,161 (\text{AT})$$

$$\text{Incremento esperado de DAT} = 27,159 - 0,462 * (\text{DAT inicial}) - 0,758 * (\text{ITI}) - 0,906 * (\text{ITOP}) + 1,189 (\text{ITM}) - 2,961 (\text{AT})$$

Como hemos comentado antes, la idea de estos modelos no es ser adivinadores de lo que los alumnos van a sacar en los test, sino seleccionar los parámetros que influyen en los resultados. Los coeficientes Beta nos dan una idea del "peso" que dicho parámetro tiene sobre los demás.

En estas fórmulas podemos ver cómo en el caso de rotaciones sigue apareciendo una influencia negativa para las mujeres (sexo =1) y para los repetidores (si=1), cosa que no ocurre en el caso del DAT.

En ambas fórmulas los incrementos de habilidades espaciales están ligados a los valores iniciales y a la asignatura cursada.

### **6.4.3. Análisis del efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica cursadas por los alumnos en la mejora de las habilidades espaciales**

Como hemos visto en las ecuaciones de regresión multivariante anteriores, una de las variables que tiene efecto en la mejora de las habilidades es la asignatura cursada por el alumno.

Como profesor de Expresión Gráfica, me interesaba saber si se podía determinar de alguna manera que parámetros diferencian una asignatura de otra y cuál es su influencia sobre las habilidades espaciales.

Es por ello que hemos tratado de caracterizar las asignaturas impartidas, de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Número total de horas de docencia
- Número total de horas de prácticas

En la siguiente tabla podemos ver la composición horaria de cada una de las asignaturas estudiadas.

	Horas totales	Horas Prácticas
I. T. I. Electrónica Industrial	75	45
I. T. Obras Públicas	90	60
I. Química	60	30
I. T. I. Mecánica	120	60
E.T. Arquitectura Técnica	150	60

Tabla 25 Parámetros característicos de las asignaturas

Hemos escogido estos dos parámetros porque son objetivos y no implican valores subjetivos como método docente, herramientas aplicadas, programa de la

asignatura, enfoque... Para un estudio en detalle habría que profundizar en otras variables más relacionadas con el programa de la asignatura (Anexo V), así como los métodos docentes aplicados en cada una de ellas.

El objetivo ahora, es el de crear una tabla que tenga en cuenta estos valores referenciados a las horas de clase, para ver si se puede extraer alguna conclusión provisional. De acuerdo a las fórmulas de regresión anteriores, en presencia de las variables estudiadas, la mejora media aportada en las habilidades espaciales por las asignaturas es de:

	MRT	DAT
I. T. I. Electrónica Industrial	-3,392	-0,758
I. T. Obras Públicas	-0,386	-0,906
I. Química	0	0
I. T. I. Mecánica	-2,475	1,189
E.T. Arquitectura Técnica	-3,161	-2,961

Tabla 26 Coeficientes del incremento de habilidades espaciales por asignatura

Tenemos que insistir en que los valores de los coeficientes sólo tienen sentido en presencia de las otras variables (valores iniciales de los test, sexo, CAD...), por lo que es difícil por no decir imposible aislar el efecto de las asignaturas. Sin embargo y puesto que aparecen en la ecuación, queremos ver si dichos coeficientes pueden relacionarse de manera simple con esos dos parámetros que hemos seleccionado y que objetivamente son indiscutibles.

Precisamente por lo anterior y a la cantidad de variables que afectan en la docencia de una asignatura, es difícil extraer conclusiones definitivas de este apartado, por lo que en todo caso, lo único que haremos será describir los resultados extremos, quedando para un trabajo futuro un análisis más en detalle que profundice en los programas y en los métodos docentes de cada una de ellas.

Descripción de los datos extremos:

- Expresión Gráfica en Ingeniería Química es la asignatura de menos duración y obtiene casi los mejores incrementos de habilidades espaciales bastante buenos
  - Esta asignatura no imparte ninguna hora de CAD.
  - Sus ejercicios son los clásicos de lápiz y papel
  - Incluye croquización y vistas normalizadas
- Geometría descriptiva (Arquitectura Técnica) es la asignatura de mayor duración y obtiene casi los peores incrementos de habilidades espaciales
  - Esta asignatura no imparte ninguna hora de CAD
  - Por su contenido no realizan ejercicios de vistas normalizadas
- El resto de las asignaturas son bastante homogéneas en su contenido y obtienen unos resultados intermedios de mejora de habilidades espaciales
  - Imparten CAD
  - Incluyen croquización y vistas normalizadas

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. Introducción

Al iniciar esta tesis nos planteábamos una serie de preguntas, con el objetivo de responderlas con el trabajo de investigación realizado. Aprovechamos esta introducción para recordarlas y así poder evaluar mejor las conclusiones obtenidas.

- ¿Colaboran las nuevas herramientas basadas en tecnologías multimedia en el desarrollo de esta capacidad?
- ¿Pueden desarrollarse tecnologías con interfaces más amigables para el usuario que las existentes y que ayuden en el desarrollo de esta capacidad?
- ¿Se pueden determinar parámetros, en las personas, en las herramientas o en los métodos docentes que mejoren la adquisición de estas habilidades?

Para resolver estas preguntas nos planteábamos una serie de objetivos de trabajo que eran los siguientes:

#### 1. Medición de habilidades espaciales

- a. Obtener resultados concretos que permitan conocer el nivel de las habilidades espaciales de los alumnos que ingresan en las carreras técnicas en las universidades españolas. En este apartado se disponen de datos de las tres universidades indicadas anteriormente.
- b. Establecer correlaciones entre distintos parámetros y la habilidad espacial, (parámetros entre los que se encuentra el sexo, la edad, la formación recibida, las aficiones,...).

#### 2. Creación de un curso de mejora de las habilidades espaciales

- a. Comprobar si las habilidades espaciales se pueden mejorar mediante entrenamiento
- b. Validar la utilización de diferentes aplicaciones online existentes en la red, (cuyo objetivo es la manipulación de objetos tridimensionales), en el desarrollo de la visión espacial
- c. Validar las posibilidades de la **nueva herramienta** de bocetado por ordenador (aplicación eCIGRO desarrollada por el grupo REGEO) en su función de mejora de la visión espacial y desarrollo del croquis.

#### 3. Efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica sobre las habilidades espaciales

- a. Comprobar el efecto que tienen diferentes enfoques de la asignatura de Expresión Gráfica en mejora de las habilidades espaciales.
- b. Buscar correlación entre los distintos parámetros estudiados y la mejora de las habilidades

De acuerdo al trabajo realizado en esta tesis, podemos llegar a una serie de conclusiones en cada uno de los apartados estudiados,

## 7.2. Conclusiones sobre medición de habilidades espaciales

- **El uso de dos tipos de test (DAT y MRT), permite obtener una medida completa de las habilidades espaciales.**
  - Al escoger dos tipos de test diseñados para medir subfactores de la habilidad espacial, los datos obtenidos son completos y no parciales. Los resultados nos indican que hay variables específicas que afecta a cada una de estas subhabilidades. (sexo y videojuegos en el caso del MRT, procedencia en el caso del DAT)
  - El formato de los test en papel, parece un poco antiguo y en contradicción con los métodos multimedia de enseñanza. Sin embargo al ser pruebas reconocidas, permiten comparar resultados y tener garantías de sus mediciones.
- Los alumnos matriculados en carreras técnicas presentan, en general, niveles de visión espaciales superiores a la media esperada para la población total.
  - DAT esperado = 36
  - DAT obtenido (La Laguna) = 43,07
  - Este hecho se repite en todas las universidades españolas, salvo en el caso de Alicante, que midió a los alumnos de carreras científicas (no sólo técnicas), obteniendo unos valores de DAT de 34,4
- Los valores obtenidos varían bastante de unas universidades a otras. Podemos por lo tanto suponer que hay filtros, tanto reales como ocultos que realizan una primera criba entre los propios estudiantes. (Exámenes de ingreso, números clausus, prestigio de la universidad, dificultad esperada,...)

En el caso del estudio multivariante realizado en la Universidad de La Laguna, se obtienen las siguientes conclusiones

Hay que recordad que la idea de estos modelos no es ser adivinadores de lo que los alumnos van a sacar en los test, sino seleccionar los parámetros que influyen en los resultados. Los coeficientes Beta nos dan una idea del "peso" que dicho parámetro tiene sobre los demás.

- Para los **valores iniciales del test MRT** (rotaciones espaciales) los parámetros que tienen efecto sobre los resultados son:
  - **Afición a los videojuegos (+)**
    - Aquellos alumnos que se manifiestan aficionados a los videojuegos obtienen de media mejores calificaciones en los test de rotaciones espaciales
  - **Sexo**
    - Las mujeres tienen de media (al entrar en la universidad) menos habilidades de rotación espacial que los hombre) Este dato coincide con los estudios iniciales de los creadores de este Test [33]
  - **Edad (-)**
    - A partir de los 18 años (esta es la edad mínima con la que los alumnos acceden a la universidad), la edad es un factor que influye negativamente en las habilidades espaciales)
  - **Años de dibujo (+)**

- Haber cursado previamente asignaturas de dibujo influye positivamente en los valores de habilidad espacial
- Para **los valores iniciales del test DAT** (visión espacial) los parámetros que tienen efecto son los siguientes
  - **Años de Dibujo (+)**
    - Haber cursado previamente asignaturas de dibujo influye positivamente en los valores de habilidad espacial
  - **Edad (-)**
    - A partir de los 18 años, la edad es un factor que influye negativamente en las habilidades espaciales
  - **Procedencia**
    - Los alumnos que vienen de otras carreras obtienen mejores medias en habilidades espaciales que los que provienen de Formación profesional y estos a su vez, mejores que los que proceden de Bachiller

Estos datos, a pesar de su carácter cualitativo, son interesantes porque permitirían trabajar algunas variables, de los estudiantes antes de acceder a la universidad.

- **Conclusiones generales sobre las variables que afectan a los valores de habilidades espaciales a la entrada de la universidad.**
  - Las capacidades espaciales se pueden asimilar a capacidades físicas. Alcanzan un máximo entre los 14 y 18 años para después ir bajando lentamente. Esto quiere decir que para mantener buenas capacidades espaciales hay que realizar un entrenamiento continuo.
    - Por lo tanto, la edad a partir de los 18 años juega en contra de las habilidades espaciales y los ingenieros necesitarán ejercitarlas para mantenerse en su mejor nivel.
  - Los alumnos que entran en carreras técnicas, sufren un proceso de filtro previo (quizás inconsciente), de tal manera que terminan accediendo a las mismas, alumnos que obtienen de media una puntuación en los test que supera a los de su grupo de edad.
    - Es por esto importante que los estudiantes mejoren sus habilidades espaciales incluso antes de entrar en la universidad.
  - En el apartado de rotación espacial, las mujeres siguen llegando con menores valores medios que los hombres.
  - Los alumnos de Bachiller, obtienen de media peores resultados que los que llegan de FP y estos a su vez, menos que los que proceden de otras carreras.
  - La influencia (positiva) de las experiencias previas se puede resumir en:
    - Afición a los videojuegos
    - Años anteriores de dibujo
  - Por lo tanto se puede mejorar mucho el nivel de las habilidades espaciales de los alumnos a la entrada trabajando desde los institutos aquellos aspectos que mejoren el desarrollo de las mismas.

### 7.3. Conclusiones sobre la creación de un curso de mejora de las habilidades espaciales

- **Los cursos intensivos de corta duración mejoran la visión espacial**
- La utilización de aplicaciones web es una estrategia alternativa al método clásico basado en lápiz y papel. Dichas aplicaciones obtienen una muy buena acogida, (apreciación subjetiva), por parte de los alumnos.
- La utilización de una aplicación de modelado basado en bocetos (**eCIGRO**) obtiene buenos resultados en la mejora de la visión espacial, configurando por ello otro método distinto a los existentes que hace especial hincapié en el uso del croquis como herramienta de diseño. Según algunos estudios, los alumnos de ingeniería no están especialmente predispuestos a utilizar el croquis como herramienta de trabajo [58]. Esto también se podría mejorar en la formación previa a la universidad.
- Según nuestra experiencia ninguno de los métodos es claramente mejor que el otro.
  - Esto se puede demostrar estadísticamente el caso del DAT, (ANOVA p-valor 0,587) mientras que en el caso del MRT (ANOVA p-valor 0,019) se observa que el curso basado en lápiz y papel obtiene mejores resultados que el que utiliza recursos web, pero no que el que utiliza bocetado por ordenador. (Prueba de Tukey p-valor 0,015 significación del 0,05)
  - A pesar de esto los resultados que se observan nos llevan a ser cautos y pensar que no hay grandes diferencias entre los cursos.
  - Sería interesante realizar cursos de mejora de mayor duración para poder evaluar mejor los resultados obtenidos por cada uno de ellos.
- Ofrecer a los alumnos métodos basados en el uso del ordenador sirve de elemento motivador y ayuda a desarrollar las habilidades de los mismos.

### 7.4. Conclusiones sobre el efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica sobre las habilidades espaciales

- Las asignaturas estudiadas han mejorado significativamente las habilidades espaciales demostrando con ellos que el estudio de la Expresión Gráfica es útil para los futuros ingenieros no sólo por su contenido teórico-práctico sino por la ayuda que representa para mejorar o desarrollar estas habilidades.
- Los incrementos, se obtienen incluso cuando nos referimos a cursar diferentes asignaturas en la misma o en diferentes universidades. Este hecho resulta sorprendente debido a la disparidad de programas, duraciones y métodos de enseñanza. Nos lleva a pensar que la Expresión Gráfica, contiene los elementos que permiten el desarrollo de las habilidades espaciales.

En el caso del estudio multivariante realizado en la Universidad de La Laguna, se obtienen las siguientes conclusiones

- Para el **incremento de resultados en el test MRT** los parámetros que tienen efecto sobre el incremento de habilidades espaciales son:
  - **Valor inicial de las habilidades espaciales medidas en el test (-)**
    - Aquellos alumnos que tienen peores valores iniciales tienen más capacidad de mejora que los que acceden a la universidad con unos valores muy altos. Esto es lógico ya que las habilidades espaciales son una habilidad que tiene

- un límite superior de desarrollo (igual que la forma física por ejemplo).
- **Sexo**
  - Las mujeres, de media, incrementan menos los valores de rotaciones espaciales que los hombres
- **Repetidor**
  - Los repetidores incrementan, de media, menos que los otros alumnos, sus habilidades de rotación espacial.
- **Asignatura cursada**
  - Hay un efecto claro de la asignatura cursada sobre los valores de incremento de habilidades espaciales
- Para el **incremento de resultados del test DAT** los parámetros que tienen efecto sobre el incremento de habilidades espaciales son:
  - **Valor inicial de las habilidades espaciales medidas en el test**
    - Aquellos alumnos que tienen peores valores iniciales tienen más capacidad de mejora que los que acceden a la universidad con unos valores muy altos. Esto es lógico ya que las habilidades espaciales son una habilidad que tiene un límite superior de desarrollo.
  - **Asignatura cursada**
    - Hay un efecto claro de la asignatura cursada sobre los valores de incremento de habilidades espaciales
    - No es fácil determinar los parámetros de las asignaturas que afectan a los incrementos de habilidades espaciales. Deberán realizarse estudios más detallados que permitan resultados concluyentes. Nuestro trabajo apunta como elementos positivos la existencia de ejercicios de croquización y vistas normalizadas, mientras que no existe una influencia determinante del uso del CAD en dos dimensiones.

## 8. Futuros trabajos

Después de realizar esta tesis, aparecen en el horizonte nuevas líneas de investigación que complementarían los resultados obtenidos en este trabajo, pero que quedan fuera del objeto de ella.

Indicaremos en este apartado algunas de estas futuras líneas de investigación:

1. Hemos visto que el desarrollo de capacidades es una de los objetivos de la Universidad definidos en Bolonia. En nuestro trabajo se ha demostrado una influencia clara de la asignatura cursada sobre la mejora de habilidades espaciales. Es por ello que sería necesario un análisis en profundidad del efecto de los programas de las asignaturas de Expresión Gráfica sobre las habilidades espaciales de los alumnos.
  - a. Podemos destacar los siguientes aspectos
    - i. ¿Cuándo hay que introducir el CAD?
    - ii. ¿Qué influencia tiene en la visión espacial de los alumnos empezar su formación universitaria con programas de modelado CAD 3D?
  - b. Se necesitaría un estudio diferente para aislar los efectos de cada una de las variables que componen una asignatura (modelo docente, horas de CAD, horas de práctica, horas de teoría, distribución de contenidos...) y de esta manera, reconocer su influencia en la mejora de habilidades espaciales.
    - i. El hecho de incluir en el temario croquización y vistas normalizadas se perfila por lo tanto como una variable diferenciadora a la hora de mejorar las habilidades
    - ii. El CAD, tanto es su versión 2D como 3D no parece una variable tan importante como la anterior
2. El croquis tanto en su formato papel como en su versión por ordenador se ha demostrado una herramienta importante y diferenciadora para desarrollar las capacidades de visión espacial. Por lo tanto sería importante
  - a. Mejorar los procesos de enseñanza del croquis a mano alzada.
  - b. Desarrollar nuevas herramientas informáticas que utilicen las nuevas interfaces caligráficas que están apareciendo, para favorecer su utilización por parte de los alumnos.
3. Hemos visto que hay dos grupos cuyos incrementos de habilidades en rotación espacial son inferiores a la media. (mujeres y repetidores de la asignatura). Sería interesante desarrollar programas de trabajo específicos para evitar que dichos sectores de la población abandonen los estudios de ingeniería.
  - a. Para ello habría que realizar una investigación centrada en dichos grupos.
4. Las aplicaciones web son muy apreciadas por los alumnos ya que pueden trabajar con ellas desde su casa. Una línea de investigación que pensamos que sigue abierta, corresponde al desarrollo de nuevas aplicaciones cuyo objetivo sea la mejora de habilidades espaciales mediante recursos web.
5. Puesto que existe la creencia de que las habilidades espaciales son importantes para el éxito en la carrera profesional de los ingenieros, sería interesante realizar un estudio multianual de los valores de los estudiantes

en la carrera y sus resultados en la misma, así como en su vida profesional.

- a. Dicho estudio ha sido muchas veces propuesto, pero hay pocos resultados ya que implica una seria dificultad el poder relacionar capacidades con resultados en exámenes o en la vida laboral.
6. El estudio de las habilidades espaciales debería tener carácter global. Es decir reunir a investigadores de diferentes puntos de la geografía española o mundial, para poder sacar conclusiones que excedan el ámbito local. La importancia de que los investigadores dispongan de las mismas herramientas de medida y de los mismos procedimientos, es fundamental para poder extraer datos comparables y conclusiones definitivas.
  7. Sería también interesante la colaboración de ingenieros y psicólogos en la mejora de las herramientas de medición de las habilidades espaciales.

## **9. Artículos publicados y ponencias presentadas en congresos como consecuencia de la realización de esta tesis.**

Artículos en revistas indexadas en el Sci. Journal Citation Index:

1. "Improving Visualization Skills in Engineering Education" Contero M; Company P; Saorin J.L.; Naya F.; Conesa J; IEEE COMPUTER GRAPHICS AND APPLICATIONS 25 (5): 24-31 SEP-OCT 2005.
2. "Learning Support Tools for Developing Spatial Abilities in Engineering Design" Contero M; Company P; Saorín J.L; Naya F. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION 22 (3): 470-477 2006.

Ponencias presentadas en Congresos

1. "El dibujo del croquis y la visión espacial: su aprendizaje y valoración en la formación del ingeniero a través de las nuevas tecnologías" Navarro R; Saorín J.L; Contero M; Conesa J. XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Barcelona, Jul 2004
2. "El desarrollo de las habilidades de visión espacial y croquis en la ingeniería de proyecto" Navarro R; Saorin J.L; Contero M; Piquer A; Conesa J. VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Bilbao Oct 2004
3. "Efecto de los programas de las asignaturas de Expresión Gráfica en el desarrollo de la visión y habilidades espaciales de los alumnos de carreras técnicas en la universidad de La Laguna" Saorín J.L; Navarro R; Martín N. XVII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica , Sevilla, 2005
4. "Visualization Skills and the Engineering Graphics Curricula" Saorín J.L; Navarro R; Martín N; Contero M. Internacional Conference on Engineering and Computer Education, Madrid Nov 2005

## 10. REFERENCIAS

### *Inteligencia y habilidades espaciales*

1. Albaret J.M., Aubert E. "Etalonnage 15-19 ans du test de rotation mental de Vanderberg", *Evolution psychomotrices* Vol 8 nº 34 pp 268-278, 1996
2. Andrés Pueyo, "Manual de psicología diferencial" McGraw Hill.
3. Andrés Pueyo, Antonio; Jayme Zaro, María, "La inteligencia de los hombres y las mujeres", *Apuntes de Psicología de las diferencias individuales*, UOC 2005
4. Bennet, G. K; Seashore, H. G; Wesman, A. G., "Differential Aptitude Test (D.A.T), Form S and T.", *The Psychological Corporation: New York* 1973 (Para la version española: TEA ediciones)
5. Gittler, George; Glück, Judith, "Differential transfer of Learning: Effects of Instruction in Descriptive Geometry on Spatial Test Performance", *Journal for Geometry and Graphics* Vol 2 nº 1 pp 71-84, 1998
6. Guay. R.B., "Purdue Spatial Visualization test - Visualization of Rotations", *Purdue Research Foundation*, 1976
7. Hunt, Pellegrino, Farr, McDonald, 1987, "Computer-controlled Testing of Visual-spatial Ability", *Technical Report for Navy Army*, 1987
8. Izquierdo García M. C., Sanchez Cabaco A, "Cognición y representación: Estudio experimental a través de una prueba computerizada", *II congreso Iberoamericano de Psicología*, 1998
9. J. Mathewson, "Visual-Spatial Thinking: An Aspect of Science Overlooked by Educators", *Science Education*, nº 83, 33-54, 1999
10. James R. Osborn, Alice M. Agogino, "An interface for Interactive Spatial Reasoning and visualization", *ACM CHI-92, Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 75-82 1992
11. Johnson, W; Bouchard, T.J., "The structure of human intelligence: It is verbal, perceptual, and image rotation (VPR), not fluid and crystallized", *Intelligence*, Vol 33 pp 393-416, 2005
12. Judson J. Singer, "Free and Easy to use 3D Model viewers aid visualization for Engineering Graphics Students" *American Society for Engineering Education (ASEE), Mid Year Conference Proceedings*, 1999
13. Keller, Brian; Hart, Eric, "Improving Student's Spatial Visualization Skills and Teacher's Pedagogical Content Knowledge by using On-Lin Curriculum-Embedded Applets", *Overview of a research and Development project*, Michigan State University, June 2002
14. Kent L. Norman, "Spatial Visualization: A gateway to Computer Based Technology", *Journal of Special Education Technology* Vol XII, nº 3, pp 195-206, 1994
15. Lohman, D. F., "Spatial Ability and G", *Human abilities: Their nature and assessment*, pp 97-116, 1996
16. Mafalda R., "Efeitos do uso de diferentes métodos de representação gráfica no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial", *Tesis Doctoral*, Sao Paulo, 2000
17. Maier, Peter Herbert, "Spatial Geometry and Spatial Ability. How To make Solid Geometry Solid?", *Proceedings of the annual meeting of the GDM*, 1996
18. McGee, M.G., "Human Spatial Abilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormonal and Neurological influences", *Psychological Bulletin* Vol 86, nº5 pp 819-918, September 1979
19. Ministerio de Educación y Ciencia, (Materiales Educativos Multimedia)  
<http://www.cnice.mecd.es/eos/MaterialesEducativos/mem2002>  
<http://www.cnice.mecd.es/eos/MaterialesEducativos/mem2003>

20. Miller, Craig L. "A historical review of Applied and Theoretical Spatial Visualization Publications in Engineering Graphics", The Engineering Design Graphic Journal, Vol 60 nº 3, pp 12-33, 1996
21. Miller, Craig L; Bertoline, Gary R., "Spatial Visualization Research and Theories: their importance in the development of an engineering and technical Design Graphics curriculum Model", Engineering Design Graphics Journal, Vol 55 n1 3, pp 5-14, 1991
22. Olkun, Sinnan, "Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities", International Journal of Mathematics Teaching and Learning, 2003
23. Palmer, S, "Vision Science (Photons to Phenomenology)", MIT Press 1992 (3ª Ed 2002)
24. Pérez Carrion, Mª Teresa; Serrano Cardona, Manuel; Diaz Iborra, M. Carmen; Tomás Jover, Roberto; Sentana Gadea, Irene, "El desarrollo de la percepción espacial en la formación de los alumnos de estudios técnicos universitarios", (XIV Congreso internacional de Ingeniería Gráfica), 2002
25. Quaiser-Pohl, C, "The Mental Cutting Test ""Schnitte"" and The Picture Rotation test- Two new measures to assess Spatial Ability", International Journal of testing, Vol 3, Nº 3, 219-231, 2003
26. R. Colom, M. J. Contreras, J. Botella, J. Santacreu "Vehicles of spatial ability", Personality and individual differences, Vol 32 nº 5, pp 903-912, 2002
27. R.Colom, M. J. Contreras, P. Chun, J. Santacreu "The assessment of spatial ability through a single computerized test", European Journal of Psychological Assessment Vol 19 nº 2, pp 92-100, 2003
28. Sanz Acedo Lizarraga M.L., García Ganuza J. M., "Improvement of mental rotation in girls and boys", Sex Roles Vol 49 nº 5/6, Sept 2003
29. Shiina, Kumiko; Saito, Takaaki; Suzuki, Kenjiro, "Analysis of Problem Solving Process of a Mental Rotation Test - Performance in Shepard-Metzler Tasks", Journal for Geometry and Graphics, Vol 1 nº2, pp 185-193, 1997
30. Sjölander, M. (1998). Spatial Cognition and Environmental Descriptions. In Exploring Navigation: Towards a Framework for Design and Evaluation of Navigation in Electronic Spaces. Ed. Nils Dahlbäck. SICS Technical Report T98:01, ISSN: 1100-3154, ISRN: SICS-T-98/01-SE, 1998
31. Sueoka, Hitoshi; Shimizu, Sanae; Yokosawa, Hajime, "The use of internet Technology for the development of 3-D Spatial Skills", Proceeding of the International Conference in Information Technology Based Higher Education and Training, 2001
32. Ullstadius, E; Carslstedt, B; Gustafsson, J, "Multidimensional item analysis of ability factors in spatial test items", Personality and individual Differences, vol 37 nº 5, pp 1003-1012, 2004
33. Vanderberg S. G., Kuse, A. R, "Mental Rotation, a group test of three dimensional spatial visualization", Perceptual and motor Skills, Vol 47, pp 599-604, 1978
34. Yanagisawa M, Akahori K, "The effect of visual discontinuity on spatial cognition", Journal of Human Interface Society Vol.1 nº.1, pp.37-44,1999

### ***Medición y mejora de las habilidades espaciales en Ingeniería***

35. Alias, Maizam; Black, Thomas R; Gray, David E., "Effect of instruction on Spatial Visualization Ability in civil Engineering Etudents", International Education Journal Vol 3 nº1, pp 1-12, 2002
36. Andrade, I.; Lopes, G., "Utilizasaio de recursos computacionais para o desenvolvimento da visualizasaio espacial", XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Ingegraf, 2002
37. Brus, C; Zhao, L; Jessop, J, "Visual-Spatial Ability in First-Year Engineering Students: A Useful Retencion Variable", Proceedings of the 2004 ASEE Annual Conference & Exposition, 2004

38. Carter, C. S; LaRussa, M. A; Bodner, G. M., "A study of two measures of Spatial Ability as predictor of success in different Levels of general Chemistry", *Journal in Research in Science Teaching* Vol 24 pp 645-657, 1987
39. Celso, A.; Gerson, H.; Sorby, S.A, "Identifying gender differences in the 3D visualization skills of engineering students in Brazil and in the United States", *Proceedings of the International Conference on Engineering Education (ICEE 98)*, Rio de Janeiro, 1998
40. Connolly P.E; Maicher, K.R, "The developing and testing of an interactive Web-based Tutorial for Orthographic Drawing instruction and Visualization Enhancement", *Proceedings of the 2005 ASEE Annual conference & Exposition*, 2005
41. Crown, Stephen w., "Improving Visualization Skills of Engineering Graphics Students Using simple JavaScript Web Based Games", *Journal of Engineering Education*, Julio, pp 347-355, 2001
42. Cuadrado V, Jose A. "Vistas: Aplicación multimedia de mejora de la visión espacial" <http://www.terra.es/personal8/jcuadr2/index3.htm>
43. Demel, J.T; Meyers, F.D; Harper, K.A., "Developing a Nationally Normed Test for engineering Graphics - First Pilot Test and Results", *Proceedings of the 2004 ASEE Annual conference & Exposition*, 2004
44. Deno, J. A., "The relationship of previous Experiences to Spatial Visualization Ability", *Engineering Design Graphics Journal*, Vol 59 n°3, pp 5-17, 1995
45. Departamento de Expresión Gráfica de la Universidad de Oviedo, "Mesa de visión". <http://aegi.eutig.uniovi.es/>
46. Devon, R; Engel R.S.; Foster, RJ; Sathianathan, D;Turner G.F.W., "The effect of solid modelling Software on 3-D visualization Skills", *Engineering Design Graphics Journal*, Vol 58 n°2, pp 4-11, 1994
47. Dominguez Posada, Rodriguez Jose, "Influencia de las asignaturas gráficas sobre el desarrollo de la vision espacial en los alumnos de las escuelas técnicas superiores. (ETSI caminos de Madrid)", Tesis doctoral de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Canales y Puertos. Universidad Complutense de Madrid, 1994
48. Duesbury, Richard T. O´Neil, Harold F., "Effect of Type of Practice in a Computer-Aided Design Environment in Visualizing Three Dimensional Objects from two.Dimensional Orthographics Projections", *Journal of Applied Psychology*, Vol 81 n°3, pp 249-260, 1996
49. Ferguson, E. S., "Engineering and the Mind´s Eye", MIT Press, 1992
50. Frey, Gary; Baird, David, "Does Rapid Prototyping Improve Students Visualization Skills", *Journal of Industrial Technology*, Vol 16 n°4, pp 1-6, 2000
51. Gradinscak, Zlatko ; Lewis, William P., "An evaluation of curriculum changes in engineering graphics", (IDATER 95) *International Conference on Design and Technology Educational Research and Curriculum Development*, 1995
52. Hall, K.W.; Obregón, R., "Web-based Visualization: An innovative approach to providing technical instruction", *Proceedings of the 2005 ASEE Annual conference & Exposition*, 2005
53. Hartman, N.W; Bertoline, G.R., "Spatial Visualization Tests and their Relationship to contemporary CAD Tools:Advocating More than Just Mental Rotation Tests", *Proceedings of the 2005 ASEE Annual conference & Exposition*, 2005
54. Hollyday-Darr, Kathryn; Blasko, Dawn G.; Dwyer, Carol, "Improving Cognitive Visualization with a Web Based Interactive assessment and Training Program", *Engineering Design Graphics Journal*, Vol 64 n°1, pp 4-9, 2000
55. Leopold, Cornelia; Gorska, Renata A; Sorby, Sheryl A., "International Experiences in Developing the Spatial Visualization Abilities of Engineering Students", *Journal for Geometry and Graphics*, Vol 5 n° 1, pp 81-91, 2001
56. Lehmann, W., "Group differences in mental rotation", *Magdeburger Arbeiten zur Psychologie*, Vol 2, pp 1-18, 2000

57. Lohman, David F., "Spatial Ability: A review and reanalysis of the correlational literature" Technical Report N°8, Aptitude Research Project, School of Education, Standford University, 1979
58. Maizam Alias, David E. Gray, Thomas R. Black, "Attitudes towards Sketching and Drawing and the relationship with visualization Ability in Engineering Students", International Education Journal Vol 3 n°3, pp 165-175, 2002
59. Mújika M, Garmendía; Aranzabal G, Gisasola; Bidaurrezaga J, Gorozika, "Enseñanza de la visualización de piezas como resolución de problemas", (XVI Congreso Internacional de Expresión Gráfica, Ingeggraf, 2004
60. Pérez Carrión, Teresa; Serrano Cardona, Manuel ., "Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial", Editorial ECU 1998
61. Peters, Michael; Laemg, Bruno; Latham, Kerry; Jackson, Marla ; Zaiyouna, Raghad; Richarrdson, Chris, "A redrawn Vanderberg and Kuse Mental Rotations Test: Diferent Versions and Factors That Affect Performance", Brain and Cognition Vol 28, pp 39-58, 1995
62. Potter, Charles , Errol an der Merwe, Errol, "Spatial Ability, Visual Imagery and academic Performance in Enginerring Graphics", Proceedings of the International Conference on engineering Education, Oslo, Norway, 2001
63. Rafi, Ahmad; Anuar, Khairul; Samad, Abdul; Hayati, Maizatul; Mahadzir, Mazlan, "Improving Spatial ability using a Web-based Virtual Environment (WbVE)", Automation in construction, Vol 14, pp 707-715, 2005
64. Ramos B., Basilio; García M., Esteban; Baños G., Esther; Melgosa P., Carlos;García G., David; Sainz B., Emilio, "Taller de mejora de la visión espacial",  
<http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml>, 2001-02
65. Raudebaugh, R. A., "Visualization, Sketching and Freehand Drawing for Engineering Design", Schroff Development Corporation, 1999
66. Saito, Takkaki; Suzuki, Kenjiro; Jingu, Takashi, "The relation Between a Mental Cutting Test and Examination Performance in Engineering Graphics", Journal of Japanese Society of Technology Education Vol 26 N° 1, 1995
67. Shawn Strong, Roger Smith, "Spatial visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics", Journal of Industrial Technology, Vol 18 n° 1, 2001
68. Sheryl A. Sorby, Beverly Baartmans, "A course for development of 3-D Spatial visualization Skills", The. Engineering Design Graphics. Journal, Vol 60 n°1, pp 13-20, 1996
69. Sorby S.A; Drummer, T; Hungwe, K; Charslesworth, P., "Developing 3-D Spatial Visualization Skills for no-Engineering Students", Proceedings of the 2005 ASEE Annual conference & Exposition, 2005
70. Sorby, S. A., " A ""New and Improved"" Course for developing Spatial Visualization Skills", Proceedings of the 2001 ASEE Annual conference & Exposition, 2001
71. Sorby, S. A. "Spatial Abilities and their Relationship to Computer Aided Design Instruction", Proceedings of the 1999 ASEE Annual conference & Exposition, 1999
72. Sorby, S.A; Baartmans, B.J, "Improving the 3-D Spatial Visualization Skills of Women Engineering Students", Proceedings of the 1996 ASEE Annual conference & Exposition 1996
73. Sorby, Sheryl A., " Improving the Spatial Skills of Engineering Students: Impact on Graphics Performance and Retencion", Engineering Graphics Design Journal, Vol 60 n°3, pp 31-36, 1999
74. Sorby, Wysocky, Baartmans, "Introduction to 3D Spatial Visualization, an active approach", Thomson, Delmar Learnig, 2003
75. Study, N.E., "Assesing Visualization Abilities in Minority Engineering Students", Proceedings of the 2004 ASEE Annual conference & Exposition, 2004

76. Suarez Q, Javier; Rubio G., Ramon; Gallego S., Ramon; Martin G., Santiago, "Desarrollo de un entrenador para la percepción espacial basado en realidad virtual mediante tecnologías de dominio público", Libro de actas del XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, 2004
77. Yue, J.; Chen, D., "The relationship between Cad training and Spatial Visualization Ability", Proceedings of the fourth regional Conference on innovations Teaching and learning, 2001
78. Yue, Jianping ; Chen, Daniel M., "Does CAD Improve Spatial Visualization Ability?", Proceeding of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, 2001

### ***Reconstrucción geométrica y bocetado por ordenador***

79. Arvo J., Novins K. "Fluid sketches: continuous recognition and morping of simple hand-drawn shapes". Proceedings of the 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, San Diego, California, November 2000.
80. Bertoline, G et al, "Dibujo en Ingeniería y Comunicación Gráfica" Ed. Mc Graw Hill
81. Bolz D. "Some aspects of the user interface of a knowledge base beautifier for drawings". Proceedings of 1993 International Workshop on Intelligent User Interfaces, ACM Press, New York, pp. 45-52. 1993
82. Clowes M.B. "On seeing things. Artificial Intelligence", Vol 2, pp. 79-116. 1971
83. Company, P et al, "A Survey on Geomtrical REconstruccion as a Core Technology to Sketch-Based Modeling" Computer and Graphics, Vol 29, N°6, pp 892-904, 2005.
84. Company, P., Contero, M., 2; Piquer, A., Aleixos, N., Conesa, J., Naya, F, "Educational software for teaching drawing-based conceptual design skills", Computer Applications in Engineering Education, Vol 12, 2004
85. Company, P; Contero, M; Piquer, A; Naya, F, "A survey on geometrical reconstruction as a core technology to sketch-based modeling", Computer & Graphics, Vol 29 nº 6, pp 892-904, 2005
86. Company, P; Conesa, J; Contero, M; Piquer, A, "An Optimisation-based Reconstruction Engine for 3D Modelling by Sketching", Computer & Graphics Vol 28 nº6, pp 955-979, 2004
87. Company, P; Contero, M; Piquer, A, Conesa, J; Naya F, "Aplicación Docente de un Programa de Modelado 3D mediante bocetado axonométrico", XIII ADM - XV INGEGRAF International Conference on Tools and Methods Evolution in Engineering Design, Napoli/Salerno, 2003.
88. Contero, M., Naya, F., Jorge, J. and Conesa, J., "CIGRO: a minimal instruction set calligraphic interface for sketch-based modeling", Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2669, pp. 549-558, 2003
89. Egli L., Hsu C., Brüderlin B.D. y Elber G "Inferring 3D models from freehand sketches and constraints". Computer-Aided Design, Vol. 29 nº2, pp. 101-112, 1997
90. Field, David A. "Education and training for CAD in the auto industry", Computer -Aided Design Vol 36, pp 1431-1437, 2004
91. Fonseca M. y Jorge J. "Using Fuzzy Logic to Recognize Geometric Shapes Interactively". Proceedings of the 9th Int. Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2000), San Antonio, USA, May 2000
92. Gomis J.M., Company P. y García J. "Preprocesador para modelado geométrico tridimensional a partir de la delineación 2D de axonometrías". IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería, Vol. 2, pp. 345-354, 1997

93. Hubbard, Carol D ; Mengshoel, Ole Jacob; Moon, Chris; Kim, Yong Se, " Visual Reasoning Instructional Software System", Computer Education, Vol 28, N° 4, 1997
94. Huffman D.A "Impossible objects as nonsense sentences" en Meltzer B., Michie D. eds. Machine intelligence No 6, Edimburgo UK. Edinburgh University Press, pp. 295-323. 1971
95. Igarashi T., Kawachiya S., Matsuoka S. y Tanaka H. "In search for an ideal computer-assisted drawing system". Proceedings of INTERACT'97 (The Sixth IFIP Conference on Human-Computer Interaction, Sydney, Australia, pp.104-111, 1997
96. Igarashi T., Matsuoka S., Tanaka H. "Teddy: a sketching interface for 3D freeform design". ACM SIGGRAPH 99 Conference Proceedings, pp. 409-416, 1999
97. Igarashi T., Matsuoka S., Kawachiya S., y Tanaka H. "Interactive beautification: a technique for rapid geometric design". Proceedings of UIST'97, 1997
98. Julia L. y Faure C. " Pattern recognition and beautification for a pen-based interface". Proceedings of the Third International Conference on Document Analysis and Recognition ICDAR'95 : Montreal (Canada), pp 58-63, 1995
99. Lamb D. y Bandopadhyay A. "Interpreting a 3D object from a rough 2D line drawing". Proceedings of Visualization'90, pp.59-66, 1990.
100. Leclerc, Y. y Fischler M. "An Optimization-Based Approach to the Interpretation of Single Line Drawings as 3D Wire Frames". International Journal of Computer Vision. Vol. 9, n°2, pp. 113-136, 1992
101. Lipson H. y Shpitalni M. "Optimization-Based Reconstruction of a 3D Object from a Single Freehand Line Drawing". Computer Aided Design. Vol. 28, N°8, pp. 651-663, 1996
102. Long A.C., ° J.A., Rowe L.A. y Michiels J. "Visual Similarity of Pen Gestures. Proceedings of Human Factors in Computer Systems" (SIGCHI), pp. 360-367, 2000
103. Mackworth A. K. "Interpreting pictures of polyhedral scenes". Artificial Intelligence, Vol 4, pp. 121-137, 1973.
104. Malik J. "Interpreting line drawing of curved objects". International Journal of Computer Vision. Vol 1, pp.73-103. 1987.
105. Marill, T. "Emulating the Human Interpretation of Line-Drawings as Three-Dimensional Objects". International Journal of Computer Vision. Vol. 6, n°2, pp. 147-161, 1991.
106. Nagendra I.V. y Gujar U.G. "3-D Objects From 2-D Orthographic View –A Survey". Computer & Graphics, ", Vol. 12 n°1, pp. 111-114, 1988.
107. Negroponte N. "Recent advances in sketch recognition". Proceedings of the AFIPS 1973 National Computer Conference, pp. 663-675, 1973
108. Rubine D. "Combining gestures and direct manipulation". Proceedings ACM CHI'92 Conference Human Factors in Computing Systems, pp. 659-660, 1992
109. Pereira J., Jorge J., Branco V., Ferreira F. "Interfaces caligráficas RISC". Actas do 10º Encontro Português de Computação Gráfica, (10EPCG) oct. 2001, disponible en: <http://virtual.inesc.pt/virtual/10epcg/actas/pdfs/jpereira.pdf>
110. Pereira J., Jorge J., Branco V. y Nunes F. "Towards calligraphic interfaces: sketching 3D scenes with gestures and context icons". WSCG'2000. Conference Proceedings, Skala V. Ed., 2000
111. Robert L.G. "Chapter 9: Machine Perception of three-dimensional solids. Optical and Electro-Optical Information processing". The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, England. 1965.
112. Schweikardt E. y Gross M.D. "Digital Clay: Deriving digital models from freehand sketches". ACADIA '98, Seebom T. y Wyk S. V. eds., Quebec City, Canada, pp. 202-211, 1998
113. Sugihara, K. "Machine interpretation of line drawing". MIT Press, 1986.

114. Sugihara K. "Mathematical structures of line drawing of polyhedrons – Towards Man- Machine communication by means of line drawings". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 4, pp.458-469, 1982.
115. Turner A., Chapman D. y Penn A. "Sketching space". Computers and Graphics, Vol.24 nº12, pp.869-879, 2000
116. Varley P y Martin R. "A system for constructing boundary representation solid models from a two-dimensional sketch". Geometric finish Fronta. 1st Korea\_UK Joint Workshop on Geometric Modeling and Computer Graphics, 2000
117. Wang W. y Grinstein G. "A Survey of 3D Solid Reconstruction from 2D Projection Line Drawings". Computer Graphics Forum. Vol. 12 nº2, pp. 137-158,1993
118. Zeleznik R.C., Herndon K.P. y Hughes J.F. "SKETCH: An interface for sketching 3D scenes". SIGGRAPH'96 Conference Proceedings, pp. 163-170, 1996

### ***Contenidos presentes y futuros de las asignaturas de Expresión Gráfica***

119. Ardebili, M; Sadegh A., "A new approach to teaching engineering graphics using active learning and Product realization" Proceedings of the 2004 ASEE Annual conference & Exposition, 2004
120. Barr,R.E.; Krueger, T.J; Aanstoos, T.A, "The New Digital Engineering Design and Graphics Process" Engineering Design Graphic Journal, Vol 66 nº3, 2002
121. Batchelor, Michael R.; Wiebe, Eric N., "Teaching Three dimensional computer modeling: Past History and Future Plans" Proceedings of the 2005 ASEE Annual conference & Exposition, 2005
122. Bertoline, Gary R., "Using 3-D Geometric Models to teach Spatial Geometry concepts" Engineering Design Graphic Journal, Vol 55 nº1, pp 37-47, 1991
123. Branoff T, Hartman N, Wiebe E, "Constraint based, three dimensional solid modelling in an introductory engineering Graphic course: Re-examining the curriculum", Proceedings of the 2001 ASEE Annual conference & Exposition, 2001
124. Branoff T; Wiebe E; Hartman N, "Integrated Constraint-based CAD into an introductory Graphic Course:Activities and Grading strategies", Proceedings of the 2003 ASEE Annual conference & Exposition, 2003
125. Clark A., Wiebe E., Shown T,"Future directions for Graphics: a look at the New Technical Graphic curriculum in NC High School" Proceedings of the 1996 ASEE Annual conference & Exposition, 1996
126. Czapka J; Moeinzadeh Manssour; Leake J, "Application of rapid prototyping technology to improve Spatial Visualization", Proceedings of the 2002 ASEE Annual conference & Exposition, 2002
127. Grath, M.B; Bertoline, G.R; Del Browers, M. H. Plecks, M. Sadowsky, "An engineering graphics curriculum model with multidisciplinary implications" Computer Graphics, Vol 25, Nº3, pp 191-195, 1991
128. Jerz, Richard, "Redisigning Engineering Graphics to include CAD and Sketching Exercises" Proceedings of the 2002 ASEE Annual conference & Exposition, 2002
129. Monguet, J, "Expansión del área de Expresión Gráfica en Internet" XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, 2002
130. Newton, Adele, "Integrating computer graphics into design education" Computer Graphics, Vol 25, Nº3, pp 172-173, 1991
131. Pierson, H. M.; Suchora D. H., "Freshman Engineering Drawing and Visualization at Youngstown State University", Proceedings of the 2005 ASEE Annual conference & Exposition, 2005

132. REGEO, Grupo de Investigación en Reconstrucción Geométrica (<http://www.regeo.uji.es/>)
133. Richards, Larry G, "Incorporating 3D Modeling and visualization in the first Year Engineering curriculum" Proceeding of the ASEE/IEEE Frontiers in Education, 1995
134. Roland D. Jenison, "New directions for Introductory Graphics in Engineering Education", Journal for Geometry and Graphics, Vol 1 nº 1, pp 67-73, 1997
135. Shana Smith, Kay Taylor, Travis Green, Neil Peterson, Cynthia Garrety "Using Virtual Reality tools in design and technical Graphics curricula: An experience in learning", Proceedings of the 2005 ASEE Annual conference & Exposition, 2005
136. Urraza D, Guillermo; Ortega A, Jose Miguel "Evaluación de competencias en el diseño curricular de la asignatura de Expresión Gráfica y DAO" XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, 2006
137. Wiebe E; Clark A; Petlick J; Ferzli M, "Vis Te: Visualization for technology education; An outreach program for engineering Graphics Education", Proceedings of the 2004 ASEE Annual conference & Exposition, 2004
138. Wiebe, Eric N; Branoff, Ted J; Hartman, Nathan, "Teaching Geometry Thorough Dynamic Modeling in Introductory Engineering Graphics", Engineering Design Graphics Journal, Vol 67 nº2, pp 12-20, 2003

## **11. Anexos**

## **Anexo I.- El lápiz electrónico y la pantalla táctil como soporte de nuevas herramientas y metodologías.**

El uso de lápiz electrónico está revolucionando la manera en la que nos relacionamos con la tecnología. La mayoría de los dispositivos electrónicos portátiles empiezan a incluir un puntero y una pantalla táctil como interfaz añadido al ratón o a los menús de botones. Las agendas electrónicas, los teléfonos móviles, las consolas de videojuegos, los ordenadores están poco a poco introduciendo nuevas maneras de comunicación con el usuario.

En este anexo se pretende exponer varios ejemplos novedosos de esta nueva interfaz en diferentes ámbitos de la industria. Resulta significativo que se esté produciendo este avance en áreas muy alejadas de la Ingeniería Gráfica, mientras que en precisamente en ésta, no existen, de momento, aplicaciones comerciales que incorporen este interfaz.

Las aplicaciones más cercanas a la Ingeniería son las que están surgiendo para diseño conceptual por ordenador. Dichas aplicaciones tienen un carácter meramente de apoyo al diseño 3D, sin pretender en ningún momento automatizar el paso de las 2D a las 3D, sino simplemente eliminar el lápiz y el papel en el proceso de diseño.

Resulta muy ilustrativo comprobar cómo, en algunos sectores industriales, el uso del lápiz electrónico y la pantalla táctil, no sólo ha servido para eliminar el interfaz tradicional, sino también para encontrar nuevos enfoques de una tecnología ya madura. (Es lo que ha ocurrido por ejemplo con las videoconsolas portátiles, donde Nintendo a desplazado la lucha de mejorar las prestaciones gráficas de sus equipos, por la de aportar nuevas interfaces que proporcionan una experiencia diferente al usuario).

La aparición del Tablet Pc hace unos años, es consecuencia lógica de la proliferación de pantallas táctiles y punteros electrónicos en otros aparatos durante el último lustro. El Tablet PC, pretende aunar la potencia de los ordenadores portátiles con las prestaciones de este nuevo interfaz más intuitivo. La incorporación de esta nueva tecnología ha sido lenta, ya que al principio no existían demasiadas aplicaciones que permitieran sacar provecho de esta nueva tecnología. Sin embargo, el panorama está cambiando y poco a poco el Tablet PC se está incorporando a muchos nuevos ámbitos. (El diseño gráfico ya dispone de productos comerciales como por ejemplo Sketchbook Pro de Autodesk dirigido a automatizar las fases de diseño conceptual de productos)

La evolución de estos ordenadores con pantalla táctil, parece asegurada por la industria, ya que recientemente (CEBIT 2006) se han presentado una nueva generación de los mismo, denominada Origami, que pretende imponerse como aparatos ultraportátiles.

Por ello, en este apartado se va a realizar un recorrido por las distintas aplicaciones comerciales existentes que utilizan esta tecnología (lápiz electrónico y pantalla táctil). No pretende ser un recorrido exhaustivo, sino una visión amplia de la situación de estas tecnologías en la sociedad actual.

Hemos clasificado las aplicaciones de acuerdo a las siguientes categorías:

- Aplicaciones que utilizan lápiz óptico y pantalla táctil.
- Aplicaciones sobre Tablet PC.
- Próximos equipos portátiles: Origami.

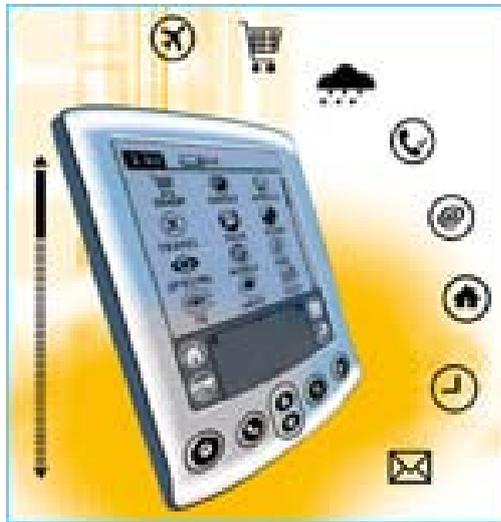
Debido a que es un campo un poco alejado del objetivo de la tesis y a que las aplicaciones están cambiando continuamente, hemos seleccionado una serie de equipos y un recorte de alguna noticia aparecida en prensa para ilustrar la mejora que supone el uso de esta nueva tecnología.

### **Aplicaciones que utilizan lápiz óptico y pantalla táctil.**

Muchos sectores están incorporando estas nuevas tecnologías, tratando de aportar algo diferente a los consumidores. Entre los sectores más activos están los de videojuegos, las agendas electrónicas y los teléfonos móviles.

#### **Agendas Digitales**

Estos aparatos también denominados PDA's son los primeros que popularizaron las pantallas táctiles y el lápiz electrónico. Casi todas ellas incorporan el reconocimiento de caracteres dibujados a mano para transformarlos en texto ASCII.



#### **Videojuegos.**



La aparición de la consola Nintendo DS, ha supuesto una revolución, no tanto tecnológica como de enfoque. Por primera vez una videoconsola incorpora el lápiz electrónico como elemento de juego, permitiendo a los jugadores definir sus propios diseños del juego.

Es interesante leer la reseña que apareció en el periódico (Ciberpais) coincidiendo con el lanzamiento de dicha consola. En ellas podemos observar el entusiasmo que despierta, no por sus juegos, sino por las nuevas posibilidades que ofrece el uso de la pantalla táctil y el lápiz electrónico.

### **(Ciberpais, Xan Pita)**

#### **Juegos para ver y tocar (e incluso soplar. la nintendo ds, con su pantalla táctil, está cambiando la manera de jugar)**

*Es una realidad. Y, visto lo visto, Sony lo va a tener difícil. Muy difícil. Porque Nintendo DS encandila. Y, por si fuera poco, parece despertar la creatividad de los diseñadores. Todo gracias a algo tan sencillo como una pantalla que se ve, se toca y se disfruta.*

*Aunque todavía le queda mucho por andar, Nintendo DS cuenta ya con un considerable parque de juegos. Echemos un vistazo a lo que hace grande a una videoconsola minúscula.*

*'Pac Pix'. Namco retoma a su personaje más mítico. Y, de paso, lo convierte en el Pac Man más interactivo hasta la momento. De hecho, Pac Pix, sensación del E3 en su edición 2005, aprovecha, una por una, todas las posibilidades de Nintendo DS. Aquí hay que crear al comecocos. Lápiz en mano, el jugador traza la figura y...*



*a comer fantasmas. Un fallo en el dibujo y Pac-Man desaparece.*

*'Pictochat'. No es un juego, es una aplicación. Y viene de serie con la consola. Pero no se puede hacer un inventario de software para Nintendo DS y dejar al Pictochat fuera del saco. El chat evoluciona,, porque Pictochat hace suyo aquello de más vale una imagen que mil palabras. Y las imágenes se crean de la forma más sencilla: a golpe de lápiz. Arrasa en Japón. Aquí hará lo propio. Seguro.*

*'Polarium'. ¿Se puede reinventar algo tan perfecto como Tetris? La lógica lo lleva a uno a pensar que no, pero la realidad lo desmiente. Y Polarium sencillamente lo confirma. Su único punto en común con el juego ruso: que las piezas caen desde arriba y se premia juntar líneas similares. Lo demás, diferente. Gráficos bicolors que deben cambiar de tonalidad usando, cómo no, el lápiz.*

*'Wario Inc Touched'. Los dueños de una Game Boy Advance ya saben lo que se pueden encontrar aquí. Recopilación de infinidad de pequeños juegos cortados por el mismo patrón: unos gráficos sencillos e impresionante capacidad para mantenerlo a uno ante la consola. De postre, utiliza todo lo utilizable: lápiz y micrófono.*

*'Yoshi's Touch And Go'. Se mira... y se toca. Y de una forma que comienza a ser clásica en Nintendo DS: olvidándose de la cruceta y de los botones y situando en primer plano al micro y al lápiz. Dos mundos diferentes (Cielo y Tierra) para un mismo tipo de partida. En esencia, crear nubes dibujándolas y moverlas... soplando.*

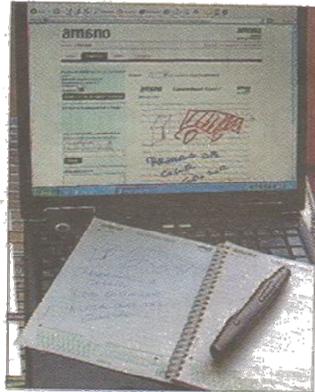
## **Teléfonos Móviles.**

La aparición de tecnologías basadas en lápiz electrónico a permitido sacar al mercado aplicaciones comerciales como por ejemplo esta de la compañía Amena, que permite escribir correos electrónicos utilizando un bolígrafo.

### ***Amena estrena el boli con 'e-mail'***

A. P.

EL PAÍS - 29-09-2005



El nuevo servicio 'Ameno'.

### ***Amena estrena el boli con 'e-mail'***

*Lo mejor de los dos mundos: boli y papel, y el e-mail. Amena ha puesto en el mercado un bolígrafo que envía por correo electrónico los mensajes escritos a mano y con tinta. Es necesario un cuaderno especial y que el teléfono del escritor tenga Bluetooth.*

*El servicio Ameno, sólo para empresas y autónomos, **hace uso de una innovadora tecnología que permite que el bolígrafo digital sea capaz de registrar lo que el usuario escribe en el cuaderno y enviarlo por correo electrónico.** En realidad es como una foto.*

*El cliente puede consultar, gestionar y reenviar todo lo escrito y dibujado, a través de la aplicación web del servicio, donde tendrá todas las copias para su seguridad. Pero si lo escrito no se quiere enviar a una dirección de correo o a la*

*propia página, el bolígrafo Nokia almacena de 50 a 100 páginas. Aparte del precio del boli y del cuaderno (unos 150 euros), el abono mensual es de 12 euros.*

*Aparte, Amena ha lanzado la tarifa plana UMTS/3G con una cuota mensual de 48 euros e incluye, además, el envío de hasta 100 mensajes SMS al mes. El tope mensual de la transmisión es de 1 GB.*

La evolución de los teléfonos móviles se está dirigiendo hacia la convergencia con las agendas digitales. Este nuevo aparato se denomina Smartphone y una de sus características es que viene dotado de pantalla táctil y lápiz electrónico. Los teléfonos móviles, aspiran así a convertirse en un aparato multiuso que no sólo sirva para hablar sino que incluya múltiples funciones como cámara, agenda, reproductor de música ...



Algunos de estos teléfonos pretenden competir incluso con las consolas portátiles como el Nokia Ngage o incluir mapas de carreteras y función de GPS en su interior.

En general todos los aparatos portátiles están compitiendo unos contra otros e incluso contra los ordenadores portátiles.

Sin embargo, las tecnologías de pantalla plana y lápiz electrónico sobre ordenador portátil tienen su representante principal en el Tablet PC.

## Aplicaciones sobre Tablet PC.



Durante el tiempo que ha durado la elaboración de la tesis, he ido recopilando información sobre diferentes usos que están apareciendo para el Tablet PC. Dichas aplicaciones basan su novedad en el uso de la nueva interfaz basada en lápiz electrónico y pantalla táctil. Algunas de las aplicaciones están relacionadas con la docencia, pero otras están en campos tan alejados como la gastronomía, el deporte, la medicina...

No existen aplicaciones ligadas directamente al mundo de la Ingeniería Gráfica, pero las grandes casas comerciales empiezan a suministrar

paquetes de diseño conceptual que funcionan en Tablets PC que pretenden ser el primer paso en esta línea.

### Educativas

El tablet PC se está introduciendo en el aula, sustituyendo a las pizarras tradicionales.

#### Los futuros cibercolegios (El mundo 2005) Por Pablo Romero



"Las nuevas tecnologías pueden cambiar el panorama educativo español, aunque es una tarea lenta. Trasferidas las competencias a las comunidades autónomas, son muchas las iniciativas en marcha, la mayor parte de ellas de carácter local y experimental, aunque los resultados son prometedores. Tal es el caso de usos de ciberaulas, los pupitres electrónicos, las guías 'on line' para profesores, **el uso de Tablet PC en clase** o los profesores 'virtuales'.

Hace exactamente dos años, el 26 de febrero de 2003, llegó a la escuela rural de Ariño (Teruel) el primer Tablet PC en virtud de un acuerdo entre el Gobierno de Aragón y Microsoft. Una pequeña comarca turolense, eminentemente rural, se convertía en el banco de pruebas para una de las experiencias tecnológicas educativas más fructíferas y con más futuro en España.

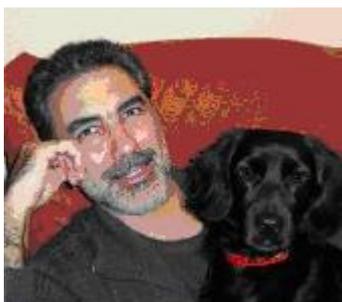
El director de la escuela, José Antonio Blesa, se muestra convencido de que "la escuela del futuro es ésta". **Hay ya una generación de escolares que está totalmente acostumbrada a escribir sobre pantallas ("Aquí no usamos papel", comenta Blesa), y los resultados son extremadamente positivos.** "Los alumnos cogen ciertas habilidades que serán muy importantes para su futuro laboral, tales como buscar información rápidamente con herramientas informáticas; además, han aprendido un nuevo lenguaje: la comunicación no es ya sólo literaria, sino también multimedia".

Esta experiencia de dos años ha derribado mitos. "Los libros de texto han supuesto un frenazo, un parón en el magisterio", asegura Blesa, que explica que trabajan en el temario con material extraído de la Red, con "lo mejor que encontramos en Internet". **Parece, por tanto, que el libro de texto tiene sus días contados en esta nueva era tecnológica, y el paso "natural" es el uso de tecnologías móviles, como los Tablet PC."**

Fuente:

<http://www.elmundo.es/navegante/2005/02/25/esociedad/1109345987.html>

También podemos ver la defensa del uso de los Tablets PC en las escuelas en el extracto de la entrevista realizada a Jose Antonio Blesa Burillo, director de la experiencia comentada en el artículo anterior.



#### **ENTREVISTA**

Sábado, 19 de febrero de 2005. JOSÉ ANTONIO BLESA BURILLO. Pionero en la utilización de las Pizarras Digitales, creando el concepto de Aula Autosuficiente. Pionero también en la utilización del tablet PC, como herramienta personal para cada alumno/a y profesor/a [más].  
e-mail : joseantonioblesa@yahoo.es  
página web: <http://roble.pntic.mec.es/~jblesa>

-----  
"1. ¿Qué ventajas aportan el Tablet PC y la pizarra digital a los profesores?

**La diferencia entre el tablet PC y un ordenador portátil radica en que el tablet PC permite la escritura manuscrita.** Aunque es significativo y en los últimos dos años se han ido creando herramientas exclusivas para el tablet PC, lo realmente importante, hoy en día, es... disponer de tecnología portátil para que el profesor pueda estar conectado a la Red allí donde se encuentre. En definitiva, que pueda estar en comunicación con sus alumnos y con otros colegas desde cualquier lugar con acceso a Internet...

....Podemos imaginar cuadernos en los que al pasar la página aparece una enciclopedia o las noticias que se están produciendo en cualquier parte del mundo. Y en clase, hacer gigante el cuaderno del profesor o el de cualquier alumno gracias a la pizarra digital.

... O poder hacer surgir, desplazar y rotar unas líneas rectas y segmentos para poder construir un triángulo vivo, que pueda estirando de sus vértices cambiar su forma y dimensiones y que al mismo tiempo pueda aparecer la medida de sus lados, de sus ángulos y sus puntos más notables. En lugar, de la tradicional lámina con una imagen fija, etc.

...Sí todo esto y más se puede imaginar, pero cuando se prueba... realmente ya no hay vuelta atrás.

2. ¿Cómo el tablet PC y la pizarra digital ayudan al estudiante en sus aprendizajes?

Los estudiantes del siglo XXI encuentran una herramienta con la que pueden realizar procesos más cercanos a su estilo de aprendizaje. **No tienen ninguna dificultad en descubrir las posibilidades de información y comunicación a las que tienen acceso con el tablet y con la pizarra digital. En el tiempo que llevamos de experiencia (en la escuela de Ariño) han sido escasos los momentos dedicados a la explicación de cómo funciona alguna de las herramientas informáticas.** Por el contrario, es el profesorado quien hemos aprendido de los descubrimientos de los estudiantes.

.....En resumen, y tras la evaluación externa que se ha llevado a cabo en la experiencia de Ariño, coincidiendo con otras experiencias similares podemos decir que los estudiantes aprenden más y son capaces de resolver situaciones más exigentes."

## **Gastronomía**

Un ejemplo curioso de utilización de los Tablets PC, es el de sustituir la libreta de notas de Sergi Arola. La noticia aparecida en el Ciberpais, hace especial hincapié en que esta tecnología representa la unión de lo mejor de los dos mundos, el de papel y el informático.

### **Sergi Arola, cocinero**

*Viaja y trabaja agarrado a un Tablet PC en el que escribe sugerencias de nuevas recetas y dibuja su presentación*

JAVIER MARTÍN  
EL PAÍS - 13-01-2005



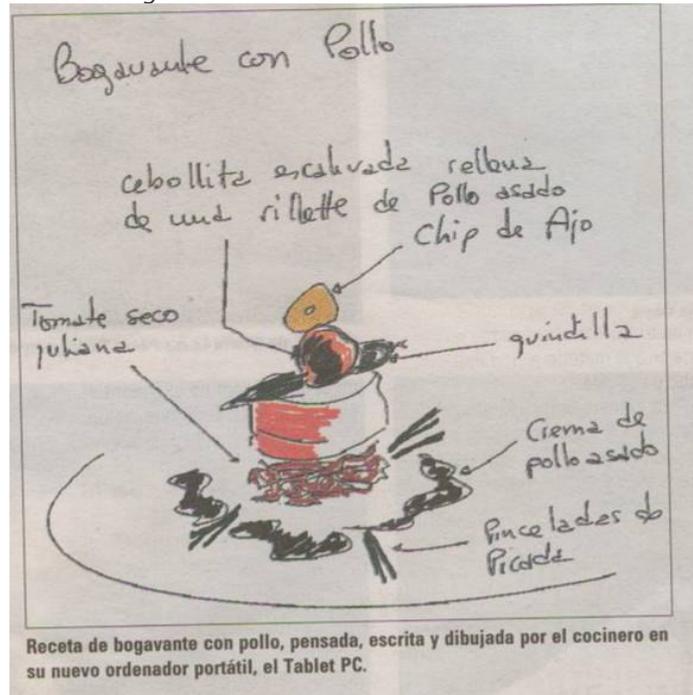
"La tecnología es uno de los factores que más influyen en la evolución de la alimentación humana. Comemos caliente porque descubrimos el fuego; comemos marisco porque descubrimos la refrigeración.

Lo que no significa que tengan que desaparecer las tradicionales técnicas de la cocina porque últimamente hemos entrado en una guerra gastronómica por la tecnología. A ver qué cocinero hace lo más raro. Cuando se inventó el ferrocarril, los conductores de las diligencias reventaban a sus caballos

para demostrar la inutilidad del invento. Como se ve, triunfó la máquina de vapor, pero no por ello han desaparecido los caballos".

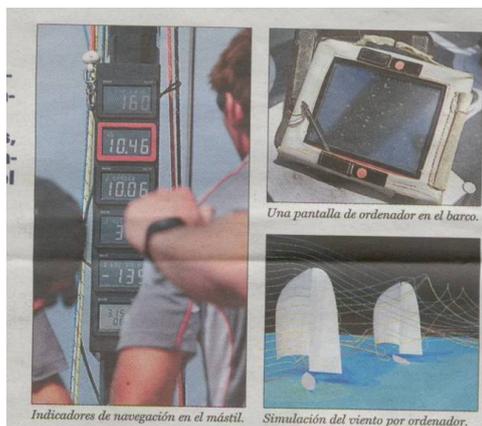
A **Sergi Arola, que va por la cocina de La Broche con un Tablet PC de HP y una tarjeta inalámbrica de Vodafone,** no hace falta preguntarle. "La inspiración no es científica, pero el desarrollo de la idea, sí". Tengo unas 700 recetas, y sólo el 10% se puede decir que estén acabadas. Los avances tecnológicos provocan la evolución de una receta; por ejemplo, el hidrógeno líquido nos ha permitido dar

formas a los helados. El talón de Aquiles de la cocina creativa es que no hay referencias. No hay dónde comparar. Todo queda en manos del cocinero. Si sirvo un pescado crudo, el cliente se cree que es así, no se queja, no le gusta, no vuelve y se lo cuenta a sus amigos.



Tengo unas 25 libretas, otras las he perdido. En ellas escribo mis reflexiones en el momento en que surgen, por eso necesitaba llevar la libreta siempre conmigo. Por ejemplo, ojo, no poner cuchillo en los platos de mollejas y sesos. ¿Por qué? Porque cortar el seso es desagradable. Es mejor servirlo como un buñuelo rebozado. **El Tablet PC me ha permitido relegar la libreta. No soy de la generación del ordenador; desde luego en la EGB no había ninguno. No quería renunciar al trazo, al poder escribir y dibujar en un papel, y con el Tablet PC lo tengo todo, incluso puedo colorear al instante.** Siendo extremadamente tecnológico, me parece muy humano. Porque me da miedo deshumanizar la cocina, que es de lo más humano que queda. Mi Tablet puede almacenar millones de recetas, y puedo firmar manualmente mensajes y enviárselos inmediatamente a Juan Mari [Arzak] o a Ferran [Adrià] o a Martín [Berasategui]. Es un segundo para mí y para ellos. Es una máquina humanizada gracias al uso del boli. **El ratón está en el boli.** Creo que la cocina creativa está pecando de aplicar la tecnología desde la perspectiva del show, no de la cocina. En el restaurante del museo Reina Sofía quiero colocar webcams que transmitan imágenes de los mejores restaurantes del mundo, para que se vea qué se hace en esas cocinas".

## **Deportivas**



Incluso en terrenos tan curiosos como la competición deportiva de la Copa América, podemos ver ordenador con pantalla táctil y lápiz electrónico a bordo de los barcos que compiten en dicha carrera.

El uso de estas herramientas es debido a que en un barco el ratón es menos cómodo de manejar que el lápiz electrónico.

## **Organización y esquemas**

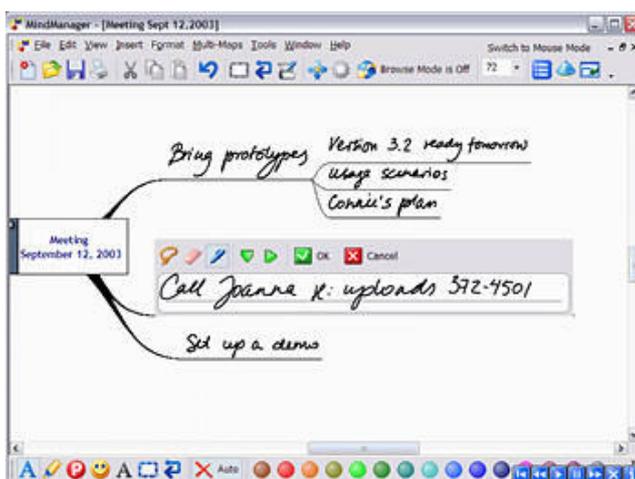
Uno de los usos más importantes del Tablet PC es la generación digital de cuadros y esquemas. Existen aplicaciones específicas para el diseño de estos diagramas que utilizan el boceto manuscrito y la pizarra digital como soporte de los mismos.



Con estas aplicaciones, el diseñador tiene una herramienta que le permite capturar los primeros conceptos, antes de que estén perfectamente estructurados y perfilados.

En estas aplicaciones no existe intención de capturar geometrías sino sólo el dibujo general. Es decir la idea es sustituir el papel por una imagen digital generada con un lápiz electrónico, pero no realizar con ella operaciones geométricas básicas.

Estos programas, sin embargo, incorporan un reconocedor de gestos para dibujar de los elementos geométricos básicos que componen el mapa, como pueden ser cuadrados, triángulos, líneas etc...



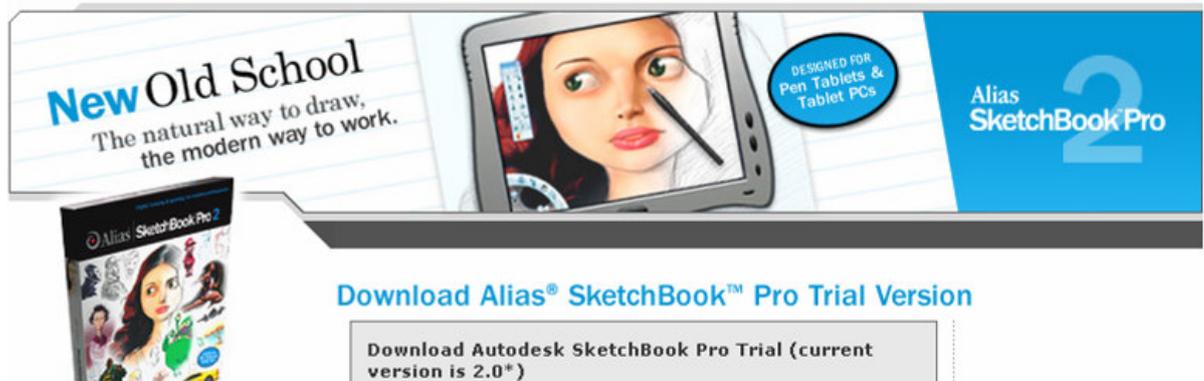
Permite mover cualquier elemento dentro de la pantalla, así como asociar enlaces que conecten dichos elementos con otra información digital.

Combinan la agilidad del diseño a mano con la potencia de la información digital.

## **Diseño Conceptual**

Las empresas de software para ingeniería están dando los pasos para posicionarse en estas nuevas tecnologías. En enero del 2006 la empresa Autodesk compró Alias, consiguiendo de esta manera incorporar a sus productos aplicaciones de diseño conceptual que funcionan sobre Tablet PC.

En esta etapa, donde los conceptos geométricos todavía no están definidos y en la que las aplicaciones CAD tradicionales no son operativas, el papel está desapareciendo en favor de las pantallas táctiles y los lápices electrónicos. En la industria del ocio son ya de uso habitual entre los desarrolladores de videojuegos y es previsible que la industria de manufacturera de el salto a los mismos en breve.



**New Old School**  
The natural way to draw,  
the modern way to work.

DESIGNED FOR  
Pen Tablets &  
Tablet PCs

Alias  
SketchBook Pro  
2

[Download Alias® SketchBook™ Pro Trial Version](#)

[Download Autodesk SketchBook Pro Trial \(current version is 2.0\\*\)](#)

## **Próximos ordenadores portátiles: Origami.**

El concepto de ordenador portátil está cambiando. La generalización de las pantallas táctiles y el lápiz electrónico está llevando a las casas comerciales a apostar por tecnología ultra portátil. La evolución del Tablet PC se ha presentado en marzo de 2006 en la feria Cebit 2006 y se conoce con el nombre genérico de Origami.

Es posible que en fechas futuras, ésta plataforma o alguna que se le parezca empiece a conseguir una importante cuota de mercado en el mercado de los ordenadores portátiles.

## **Llegan los ordenadores ultraportátiles, la última propuesta en movilidad**

**L. A.**

EL PAÍS - 16-03-2006



El ordenador portátil fue uno de los protagonistas de la feria alemana, especialmente los de pequeño tamaño y menos de dos kilogramos, y los denominados ultraportátiles, que se mostraban por primera vez con una versión lista para su venta en los comercios. Abundaban también las propuestas de hogar digital, con un ordenador de sobremesa en forma de lector

de DVD conectado al televisor y capaz de hacer distintas tareas, desde la grabación de contenidos audiovisuales hasta el envío de datos a otros equipos de la casa.

Microsoft define el ordenador ultraportátil como un equipo que pesa menos de 800 gramos, con una autonomía superior a las dos horas y media y que lleva un disco duro de 30 o 60 GB y conexiones Ethernet e inalámbricas Wi-Fi y Bluetooth. **La pantalla es táctil**, de 7 pulgadas y con el sistema operativo Windows XP Tablet completo. Puede incorporar navegador y cámara de Internet y el DVD es externo.



## **Anexo II**

### **Interfaces Caligráficas**

El concepto de interfaz caligráfica, tal como se introdujo anteriormente en el punto 3.5 de la tesis, se basa en la interacción del usuario mediante un lápiz electrónico con una aplicación informática.

En este anexo vamos a hacer una revisión del estado de desarrollo de la aplicación de este tipo de interfaces a aplicaciones de diseño gráfico 2D y de modelado 3D.

En el Anexo I hemos analizado el hardware disponible en la actualidad para implementar este tipo de interfaces. El continuo desarrollo de este tipo de hardware nos hace suponer que en un futuro próximo se implantarán todavía más y que quizás se conviertan en una sustitución real al papel de celulosa tradicional que empleamos hoy en nuestra vida cotidiana.

### **Aplicaciones en el campo de Diseño Gráfico y la Delineación**

De la misma forma, que las interfaces de las herramientas actuales orientadas al CAD 3D, han evolucionado poco en la última década, manteniéndose fieles al paradigma WIMP, en el campo del diseño gráfico y la delineación ocurre lo mismo.

Los sistemas más extendidos como Corel Draw, Adobe Illustrator o Aldus Freehand mantienen un esquema similar de interacción. Sin embargo en el campo de la investigación académica, sí que se observa actividad en este campo, con propuestas novedosas como los conceptos de "dibujo predictivo" (predictive drawing) [79, 95] y mejora interactiva (interactive beautification) [97] que van más allá de las técnicas clásicas de postproceso de dibujos con el fin de su mejora (beautification) [81]. En la Figura 31 y la Figura 32 podemos observar ejemplos de mejora interactiva del trazado.

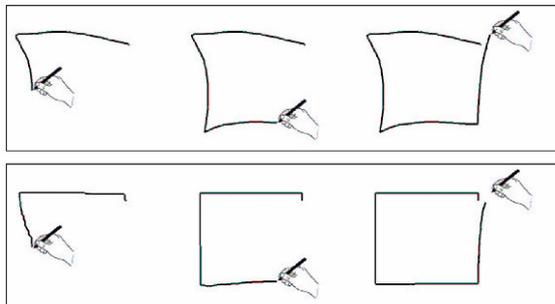


Figura 31. Ejemplo de mejora interactiva [46]

En este contexto, la posibilidad de utilizar el lápiz como vehículo de interacción posibilita el desarrollo de asistentes de dibujo que pueden interactuar con el usuario a través del reconocimiento de ciertos "gestos" o "signos" [98,107] que son traducidos como comandos de la aplicación. Por ejemplo, en la Figura 35, tenemos representado algunos de los gestos asociados al dibujo de primitivas gráficas y órdenes habituales de interacción soportados por la librería CALI [91].

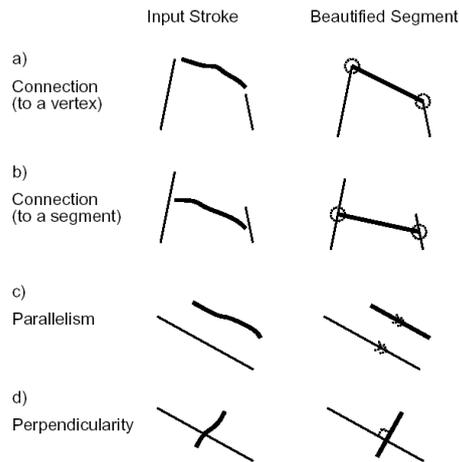


Figura 32. Ejemplos de mejora interactiva

## Herramientas de modelado 3D a partir de bocetos

Una de las aplicaciones más novedosas de las interfaces caligráficas consiste en la utilización de dibujos o bocetos realizados a mano alzada como vía para obtener modelos geométricos 3D. Dentro de esta línea podríamos distinguir dos variantes principales: una de ellas está basado en la interacción con el usuario mediante gestos que son reconocidos como comando generadores de sólidos a partir de secciones 2D. Una segunda alternativa, es el empleo de algoritmos, que a partir de un boceto que represente una proyección del objeto, procedan a su reconstrucción geométrica. Por último, existe una línea híbrida que combina ambos enfoques.

### *Modelado basado en gestos*

Este tipo de aplicaciones se basan en la utilización de determinados "gestos" o "signos", que realizados por el usuario, son interpretados [102,108] como comandos de la aplicación. Como ejemplos de sistemas de este tipo tenemos:

- SKETCH [118] orientado básicamente a formas arquitectónicas, donde el proceso de modelado de la geometría queda definido a través de un código de gestos y convencionalismos. Por ejemplo, una primitiva tipo bloque queda definida a partir de tres trazos realizados desde el mismo punto. Los volúmenes positivos se construyen hacia arriba, mientras que los negativos (volumen a restar) se realizan hacia abajo.

		Dos líneas paralelas en la misma dirección y sentido crean un cilindro
		Dos líneas que inciden en un punto crean un cono
		Una curva cerrada seguida por un punto crean una esfera
		Dos líneas perpendiculares, seguidas por una curva, crean un barrido
		Un curva abierta define un objeto de revolución

Tabla 27 Algunos gestos de modelado de SKETCH

- Quick-Sketch [89] es una herramienta más orientada al diseño mecánico. Dispone de un entorno de dibujo 2D basado en restricciones. Permite también generar geometría 3D mediante la interpretación de una serie de gestos de modelado.
- Teddy [96], permite modelar mediante una interfaz muy sencilla superficies de forma libre. El procedimiento consiste en trazar un boceto que represente la silueta del objeto, y el sistema propone automáticamente una superficie a través de una malla poligonal que encaje en esa silueta. Un aspecto interesante es su implementación en Java y su ejecución a través de un simple navegador de Internet.
- GIDes [110] tiene la particularidad que permite la entrada a partir de una única proyección en perspectiva o a partir de varias vistas diédricas. En el caso de la reconstrucción a partir de una única proyección, el sistema dispone de un alfabeto de gestos que identifican un conjunto básico de primitivas de modelado como son: prisma, pirámide, extrusión y revolución entre otras. Además el reconocimiento dinámico de estos gestos de modelado permite ofrecer al usuario una serie de iconos contextuales, que le permiten confirmar su intención de diseño.

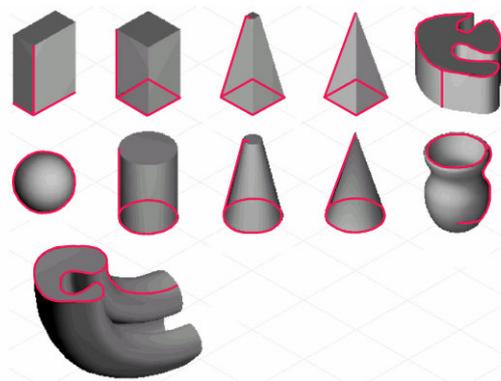


Figura 33. Alfabeto de gestos de GIDes

## *Modelado mediante reconstrucción geométrica*

Esta estrategia de modelado se basa en la transformación de una imagen bidimensional, generalmente proyección axonométrica del modelo, introducida mediante una interfaz caligráfica, en un modelo 3D. Para ello se emplean diferentes algoritmos desarrollados dentro del campo de la "reconstrucción geométrica".

El primer método de reconstrucción de objetos fue propuesto por Roberts [111], quién fundamentó su estudio en una serie de modelos predefinidos que mediante la unión de los mismos originaban un modelo cuya proyección era contrastada con la imagen de partida. Puede por tanto considerarse como una aproximación inicial al método de representación por geometría constructiva de sólidos (CSG).

La evolución de la Reconstrucción Geométrica puede encontrarse resumida en unas pocas referencias. El libro de Sugihara [113] es la referencia más completa a la historia inicial de la interpretación automática de dibujos técnicos. Nagendra y Gujar [106] publicaron un resumen de varios artículos que trataban la reconstrucción de objetos tridimensionales a partir de sus vistas 2D. Wang y Grinstein [117] completaron el trabajo, realizando una taxonomía de la reconstrucción de objetos 3D a partir de dibujos lineales de una proyección bidimensional.

Los métodos utilizados para realizar la reconstrucción geométrica se pueden clasificar en:

- Basados en etiquetado de vértices
- Basados en el espacio gradiente.
- Basados en la programación lineal.
- Perceptuales

### Métodos basados en el etiquetado de vértices

Los métodos de etiquetado se basan en definir circuitos con todos los enlaces de la figura 2D, que son candidatos a corresponder con aristas del modelo 3D. Se trata más propiamente de métodos de interpretación que de reconstrucción: ofrecen sólo condiciones necesarias para que un dibujo lineal 2D represente un sólido 3D válido. Además, un objeto lineal que se puede etiquetar adecuadamente no necesariamente representa un sólido 3D verdadero. Huffman [94] y paralelamente Clowes [82] establecieron por separado el primer esquema de etiquetado válido para poliedros. Clasificaron las esquinas de un cubo por el número de octantes que rodean y tras considerar todas las posibles esquinas desde todos los puntos de vista posibles, observaron que si no existen elementos ocultos, las esquinas de un poliedro podían resumirse en cuatro tipos (Figura 34). Las limitaciones más importantes de este método eran que sólo podían reconstruir poliedros y que estos no debían presentar aristas ocultas. Otros algoritmos de etiquetado surgieron a partir del método de Huffman y Clowes, que se caracterizaban por que precisaban distinguir entre aristas visibles y ocultas de la imagen

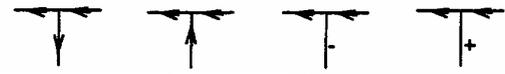
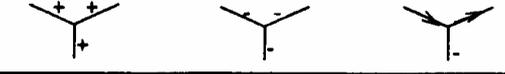
L Type	
T Type	
W Type	
Y Type	

Figura 34. Etiquetado de vértices propuesto por Huffman-Clowes

#### Métodos basados en el espacio gradiente.

Estos métodos son también generalmente considerados como procesos de interpretación. Mackworth [103] estableció el primer método de gradientes para la resolución de procesos de reconstrucción. Su método se basa en una correspondencia establecida entre los gradientes de las superficies poliédricas con las líneas que componen la imagen. Mackworth interpreta los dibujos lineales construyendo la imagen de cada plano en el espacio de gradientes. Su método se ha ampliado para determinar si un dibujo lineal es realizable. Es decir, el método del espacio de gradientes se puede usar para detectar otra clase de dibujos lineales no realizables.

La existencia de una imagen de gradientes es aun únicamente una condición necesaria para que los dibujos lineales sean realizables. Algunos dibujos lineales no son realizables incluso aunque se pueda construir sus imágenes gradientes.

#### Métodos basados en la programación lineal.

Sugihara [114] presentó un mecanismo computacional basado en la programación lineal para extraer estructuras tridimensionales poliédricas a partir de dibujos lineales bidimensionales. Sugihara consiguió dar una condición necesaria y suficiente que permitía que un dibujo lineal representase un objeto poliédrico en términos del problema de programación lineal. Su formulación permite resolver el problema de discriminar entre dibujos lineales correctos e incorrectos. Sin embargo, la condición es tan precisa matemáticamente que algunos dibujos son rechazados simplemente porque los vértices se desvían ligeramente de las posiciones correctas.

Las aportaciones más recientes a la Reconstrucción Geométrica están basadas en las ideas de Varley y Martin [116]. Estos autores tratan el problema de la Reconstrucción Geométrica basándose en reglas de la geometría. Su método establece la formulación matemática de un sistema de ecuaciones que representa un conjunto de condiciones geométricas que deberá verificar el modelo 3D, a partir del análisis de una imagen o de una porción de la misma. Su método asume que topológicamente todos los vértices del objeto son triedros y que la imagen representa siempre un poliedro euleriano.

### Métodos perceptuales.

Los métodos perceptuales se distinguen del resto de los métodos por intentar implementar, a través del lenguaje secuencial de los ordenadores, la forma en que percibe el ser humano.

Lamb y Bandopadhyay [99] diseñaron un primer método perceptual cuyas características principales se basaban en el alto grado de interacción del usuario que debía designar los ejes principales (intersección de los planos de proyección), si bien, siendo un algoritmo matemático basado en la proporcionalidad de la imagen con el modelo 3D, permitía cierta flexibilidad a imprecisiones del dibujo. En su algoritmo las líneas paralelas de la imagen aparecen paralelas en el modelo y las aristas paralelas a los ejes principales se dibujan con longitudes proporcionales a las dimensiones reales permitiendo definir paralelogramos con caras paralelas a los planos de proyección. Aplicando el etiquetado de Waltz se obtiene un gráfico de adyacencia que permite definir la orientación de cada arista con respecto a los ejes principales. La característica que diferencia a este método de otros métodos de etiquetado es la aplicación de una regla de la percepción visual humana: la ley de la simetría permite reconstruir modelos en los que no todas sus aristas resultan paralelas a tres direcciones principales. Su principal inconveniente es que los modelos a reconstruir no deben contener aristas ocultas dada la ambigüedad que la representación de dichas aristas ocasionan.

Marill [105] presentó un primer algoritmo capaz de reconstruir objetos poliédricos basado en la estrategia de inflado, consistente en asignar coordenadas "z" a todos los vértices del modelo mientras se mantienen las coordenadas (x,y) de la imagen.

Las coordenadas "z" eran modificadas mediante la optimización de una función objetivo que estaba formada por un único componente, el MSDA (mínima desviación estándar de ángulos). Es decir, minimiza las diferencias de los ángulos entre cada pareja de aristas que concurren en cada uno de los vértices, obteniendo como resultado estructuras alámbricas tridimensionales. Su mayor inconveniente proviene de la definición de la función objetivo, basada en una regla heurística que únicamente resulta válida para modelos regulares, por lo que sus resultados presentaban un alto índice de fallos.

El método establecido por Marill basado en el inflado y la optimización ha sido desarrollado posteriormente por diferentes autores como Baird y Wang [41], si bien los métodos perceptuales más prometedores se mostraron a partir de Leclerc y Fischler [100]. Posteriormente otro método de percepción basado optimización fue desarrollado por Lipson y Shpitalni [101]. En sus trabajos proponen la minimización de una función suma de subfunciones que representan a las regularidades que pueden apreciarse en una imagen bidimensional que representa un objeto 3D. Dichas regularidades imitan la sensibilidad perceptual del ser humano al observar un boceto y que agrupaban en tres tipos:

1. Las que reflejan alguna relación espacial entre entidades individuales (por ejemplo el paralelismo entre aristas).
2. Las que reflejan alguna relación espacial entre un grupo de entidades (por ejemplo una simetría oblicua en las aristas que definen el contorno de una cara).

3. Las regularidades que afectan a todo el dibujo (como la proporcionalidad entre las longitudes del dibujo y las longitudes reales).

Su método tolera imperfecciones y permite la reconstrucción de una gran variedad de objetos, incluyendo caras planas y cilíndricas, pero el porcentaje de fallos aumenta al considerar objetos complejos o con superficies curvas.

El grupo REGEO ha realizado varias aportaciones en este campo [86] aplicando procesos de optimización, intentando disminuir el alto índice de errores producidos.

### Modelado Híbrido

Por último queda una tercera vía para la generación de modelos a partir de bocetos que combina tanto el enfoque "gestual" como el enfoque de "reconstrucción", y que denominaríamos "híbrida". El desarrollo de esta línea es bastante reciente como lo muestra la bibliografía disponible. Los sistemas más interesantes en este enfoque son:

- Digital Clay [112] soporta objetos de tipo poliédrico, combina por una parte un interfaz de tipo caligráfico para la entrada de información, que posteriormente es preprocesada y pasa a un motor de reconstrucción que emplea el algoritmo de Huffman-Clowes para realizar la reconstrucción de la geometría y su posterior exportación en un formato VRML.
- Stilton [115], aunque está orientado al campo de la arquitectura, presenta aportaciones interesantes. En primer lugar la interfaz caligráfica se implementa directamente en un entorno VRML. En segundo lugar el proceso de reconstrucción utiliza la formulación de optimización recurriendo en este caso a algoritmos genéticos para su resolución.

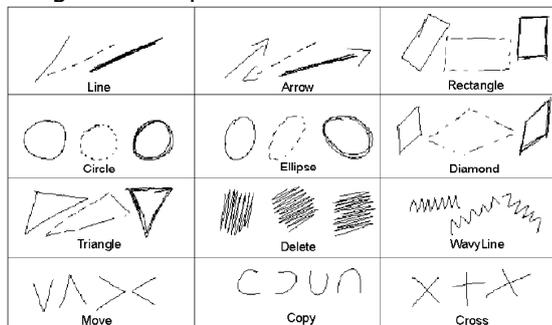


Figura 35. Formas reconocidas por la librería CALI [25]

- CIGRO [88] permite la generación de modelos poliédricos a partir de un boceto que corresponda a una axonometría ortogonal. Opera en tiempo real, permitiendo el cambio de punto de vista en cualquier momento del proceso de creación del boceto. Otra característica interesante es la simplicidad de su interfaz de usuario, que se ha reducido a un conjunto mínimo de gestos de modelado.
- GEGROSS [86] extiende las posibilidades de CIGRO, incorporando control dimensional a los bocetos mediante el dibujo a mano alzado de las cotas que controlan paramétricamente el motor geométrico de la aplicación.

### **Anexo III.- Ejercicios propuestos de croquis en el curso de refuerzo tipo A (clásico)**

Denominamos a este método como "clásico". Se basa en el trabajo con figuras representadas en perspectiva isométrica. Utiliza problemas de localización de las caras de la pieza en vistas normalizadas y problemas de tercera vista. El material empleado es exclusivamente lápiz y papel.

Debido a que los alumnos a los que va dirigido son los que menos habilidades espaciales tienen, el nivel de partida tiene que ser muy bajo. Los ejercicios, por lo tanto, parten de los conceptos básicos de croquis y de vistas normalizadas y después realizan una serie de ejercicios basados en el libro "Ejercicios para el desarrollo de la Percepción Espacial" [60] El curso se realizó en tres sesiones de dos horas.

Dado que la mayoría de los alumnos que necesitan los cursos de intensificación, no están familiarizados con el uso del croquis, primero, se empieza por dibujar piezas reales que existen en el laboratorio de expresión gráfica. Con estas figuras, se pretende que el alumno "suelte la mano" y se familiarice con la idea de las "vistas normalizadas". Se dedica a esta tarea la primera hora del curso, para a partir de ese momento realizar ejercicios específicos y clásicos de dibujo técnico.

Los ejercicios a realizar son los siguientes:

1. El uso del croquis.
2. Identificar en las vistas superficies indicadas sobre perspectivas isométricas.
3. Discriminación de vistas.
4. Obtención de vistas a partir de perspectivas.
5. Obtención de perspectivas a partir de vistas.
6. Ejercicios de obtención de tercera vista a partir de dos dadas.

En este anexo se puede ver la lista completa de ejercicios. Dichos ejercicios se entregan a los alumnos en fotocopias para su realización en lápiz durante el tiempo del curso. Como es lógico no todos los alumnos llevan el mismo ritmo de ejecución de los mismos. Se pretende dedicar al menos media hora a cada una de las baterías de ejercicios, de tal manera que en ese tiempo el alumno realice el número máximo posible. Se pretende que cada alumno pueda llevar su propio ritmo, pero también que los alumnos con más soltura no se aburran en ningún momento, ya que el curso es muy corto y se pretenden conseguir resultados rápidos.

## Uso del croquis.

El uso del croquis es fundamental para el desarrollo de la visión espacial. Mediante el uso del lápiz y de nuestra mano podemos crear perspectivas de objetos tridimensionales, donde lo más importante sean los conceptos de forma y de proporción.

**Forma:** Debemos definir la forma básica del objeto encajándolo en una "caja" prismática o en un conjunto de ellas de manera que a partir de estas líneas básicas podamos ir dibujando la forma definitiva del objeto que queremos representar.

**Proporción:** Se debe observar con detenimiento la relación entre las medidas de altura, anchura y profundidad del objeto a representar. De esta manera se logra que el prisma original del que parte el dibujo del croquis esté proporcionado.

## Líneas principales del croquis

Entendemos por línea principal de un croquis aquellas que definen la altura, la anchura y la profundidad de una pieza.

Estas líneas se tienen que dibujar de la siguiente manera:

Dirección vertical se dibujará vertical (**V**)

Dirección que determine la anchura con un ángulo aproximado de 30 grados medidos de izquierda a derecha desde la horizontal (**A**)

Dirección que determina la profundidad, con un ángulo aproximado de 30 grados medidos de derecha a izquierda desde la horizontal (**P**)

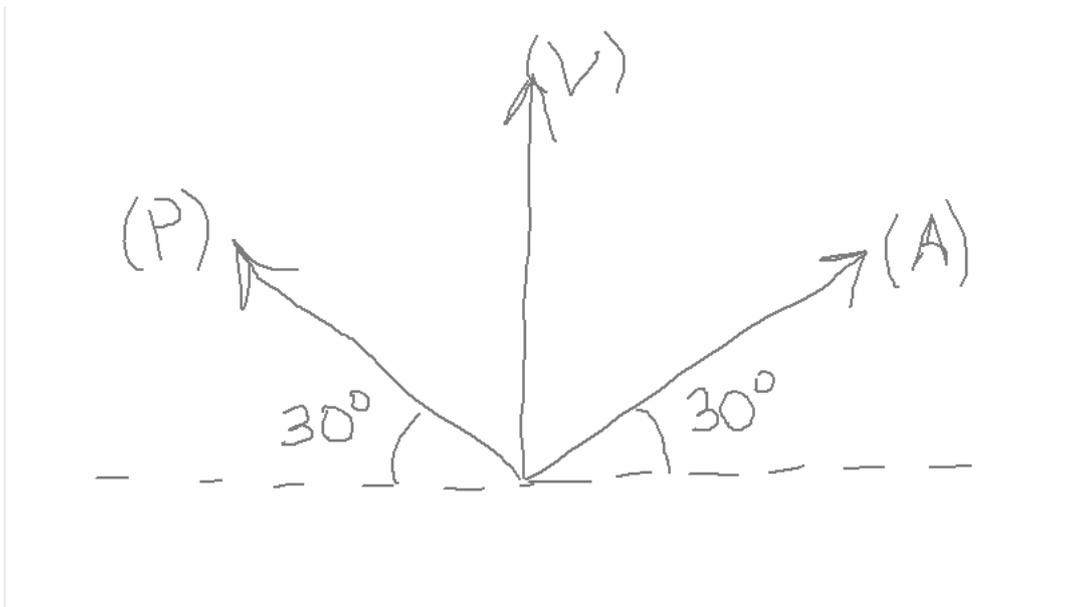


Figura 36 Líneas principales del croquis

### Resto de líneas.

Una vez dibujadas las tres direcciones principales, se debe de cerrar el paralelepípedo de referencia, mediante líneas paralelas a las tres primeras. De esta manera se genera un prima rectangular definido por tres de sus caras, de las cuales podemos localizar el centro sin más que dibujar dos diagonales de las mismas.

Podemos ver un ejemplo de esto en el siguiente gráfico:

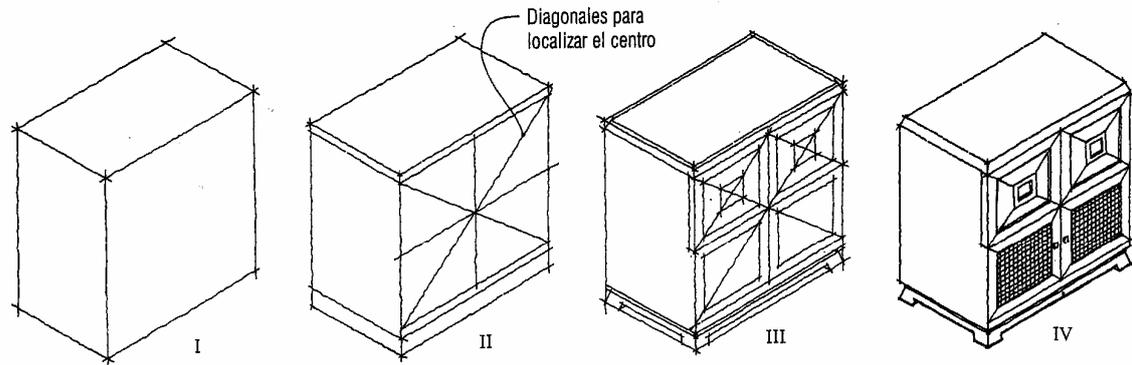


Figura 17-4 Bosquejado isométrico de un gabinete.

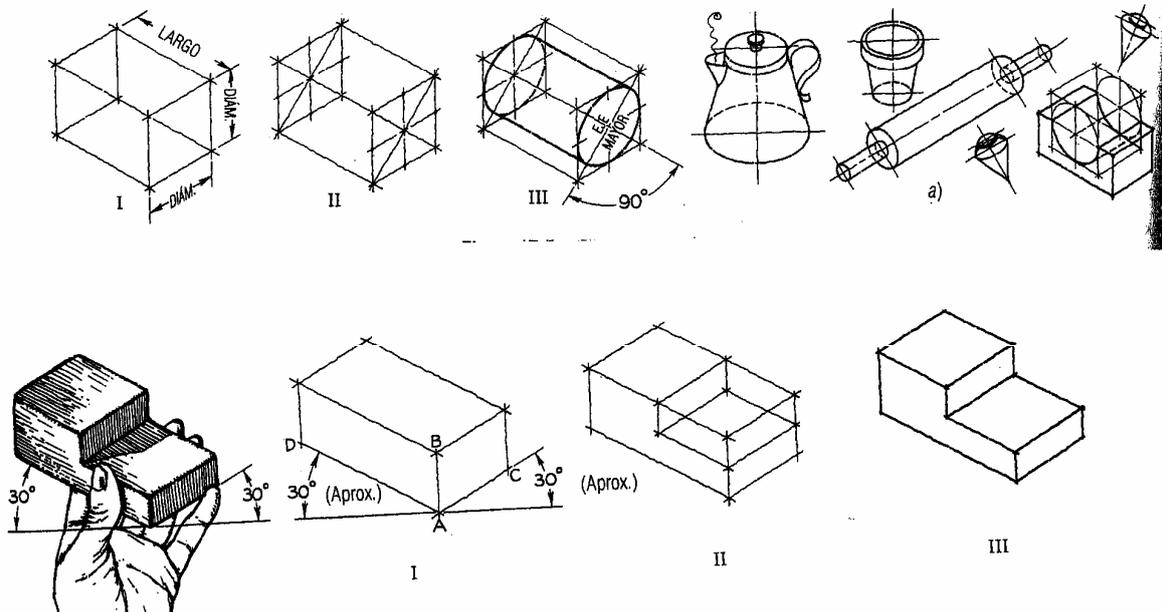


Figura 37 Ejemplo de realización de croquis [80]

Podemos ahora dibujar objetos que estén localizados dentro del laboratorio de Expresión Gráfica.

Por ejemplo:

Una estantería

Un ordenador (la CPU o el monitor)

Una silla....



Figura 38 Objetos del laboratorio para croquizar

Cuando disponemos del objeto, podemos acercarnos para medirlo y observarlo desde todos los ángulos. Eso nos permite dibujar o bien una perspectiva completa del objeto o bien dibujarlo visto desde el frente, desde un lateral o desde la parte de arriba. Estos dibujos se conocen como vistas normalizadas de un objeto y son muy fáciles de realizar cuando tenemos el objeto a nuestra disposición.

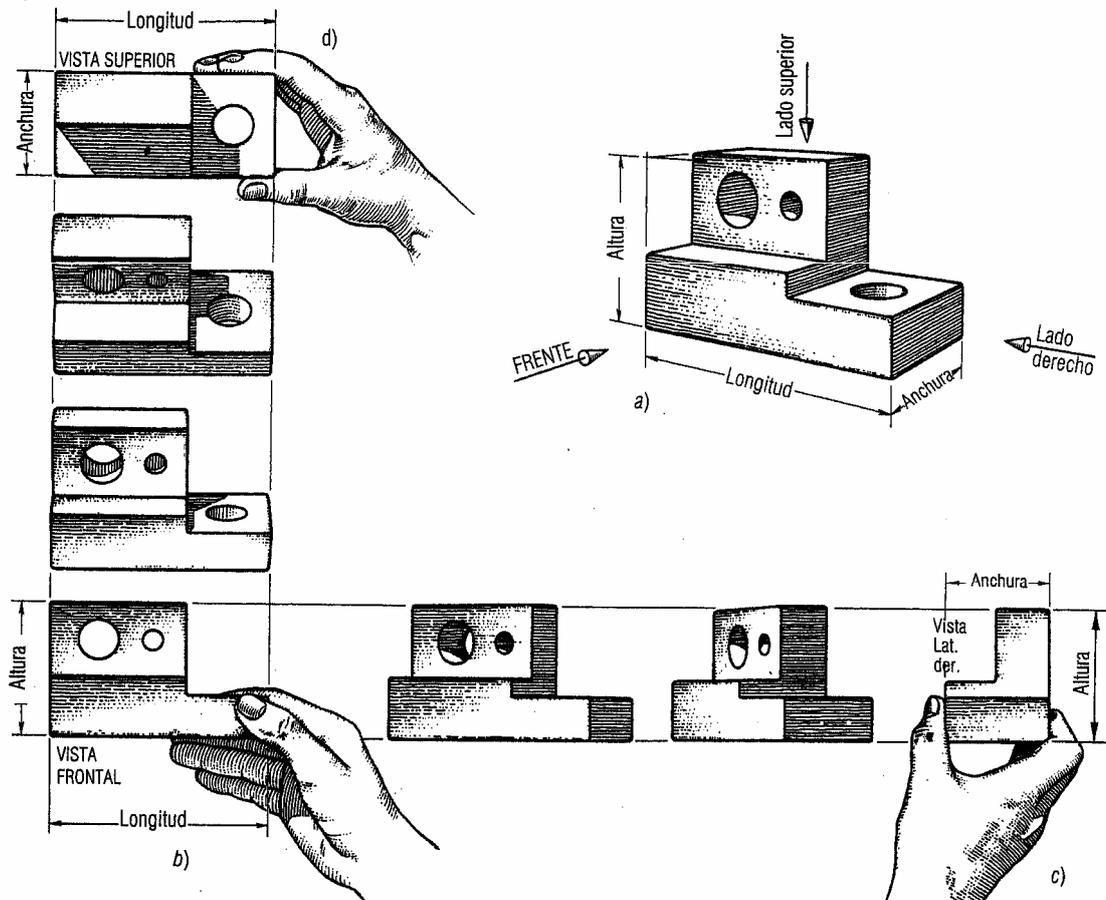
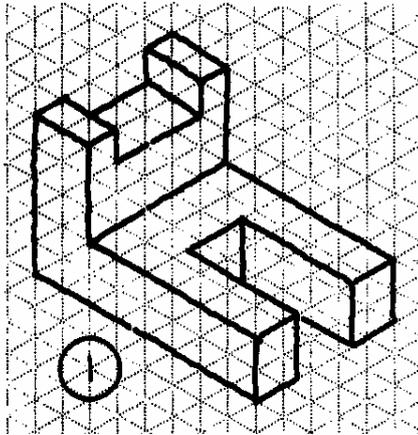


Figura 39 Obtención de vistas mediante giro de un objeto [80]

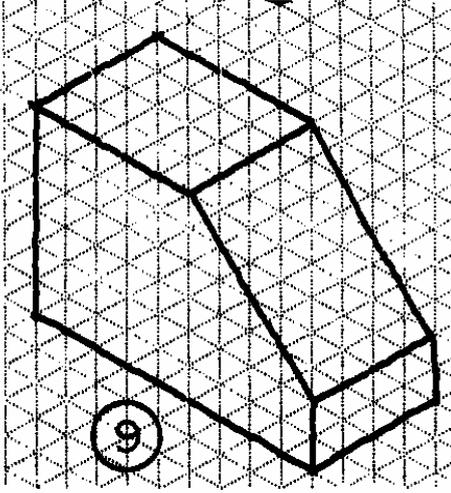
El uso del croquis se complica cuando las figuras que queremos representar sólo existen en nuestra imaginación o en un papel. Al no tener una representación tridimensional del objeto que queremos representar es necesario utilizar nuestras habilidades espaciales para imaginar el objeto y ser capaz de "verlo" desde distintos ángulos para poder dibujar una perspectiva o una de las vistas normalizadas que hemos comentado con anterioridad.

Podemos practicar primero con algunas figuras sencillas:  
(Para saber las proporciones tenemos una cuadrícula que nos permite saber la relación de las medidas de altura, anchura y profundidad)

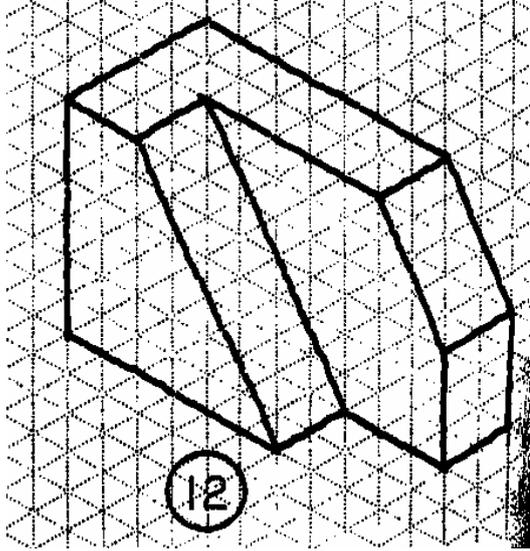
Dibujar una perspectiva diferente a la que hay en la figura, así como una vista de la pieza desde el frente, el lateral y desde arriba.



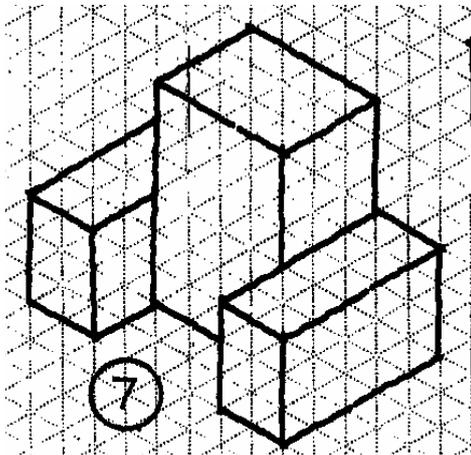
Dibujar una perspectiva diferente a la que hay en la figura, así como una vista de la pieza desde el frente, el lateral y desde arriba



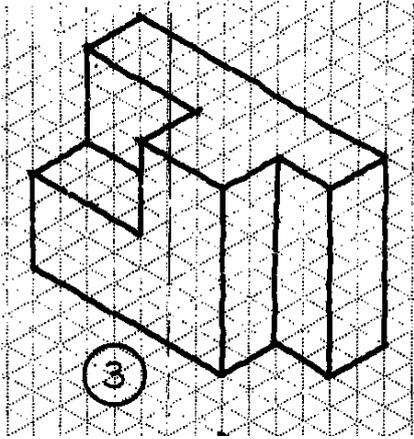
Dibujar una perspectiva diferente a la que hay en la figura, así como una vista de la pieza desde el frente, el lateral y desde arriba



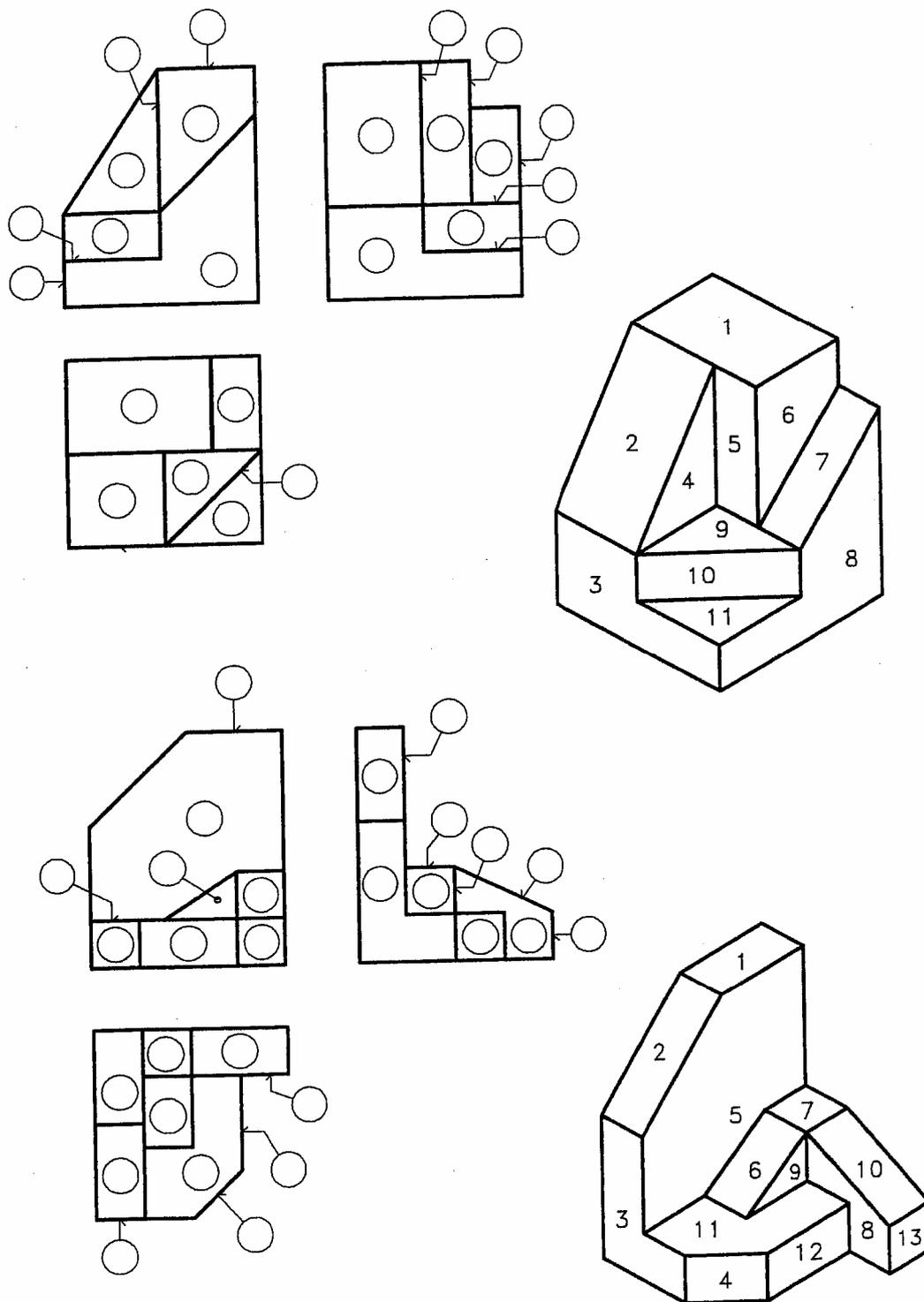
Dibujar una perspectiva diferente a la que hay en la figura, así como una vista de la pieza desde el frente, el lateral y desde arriba

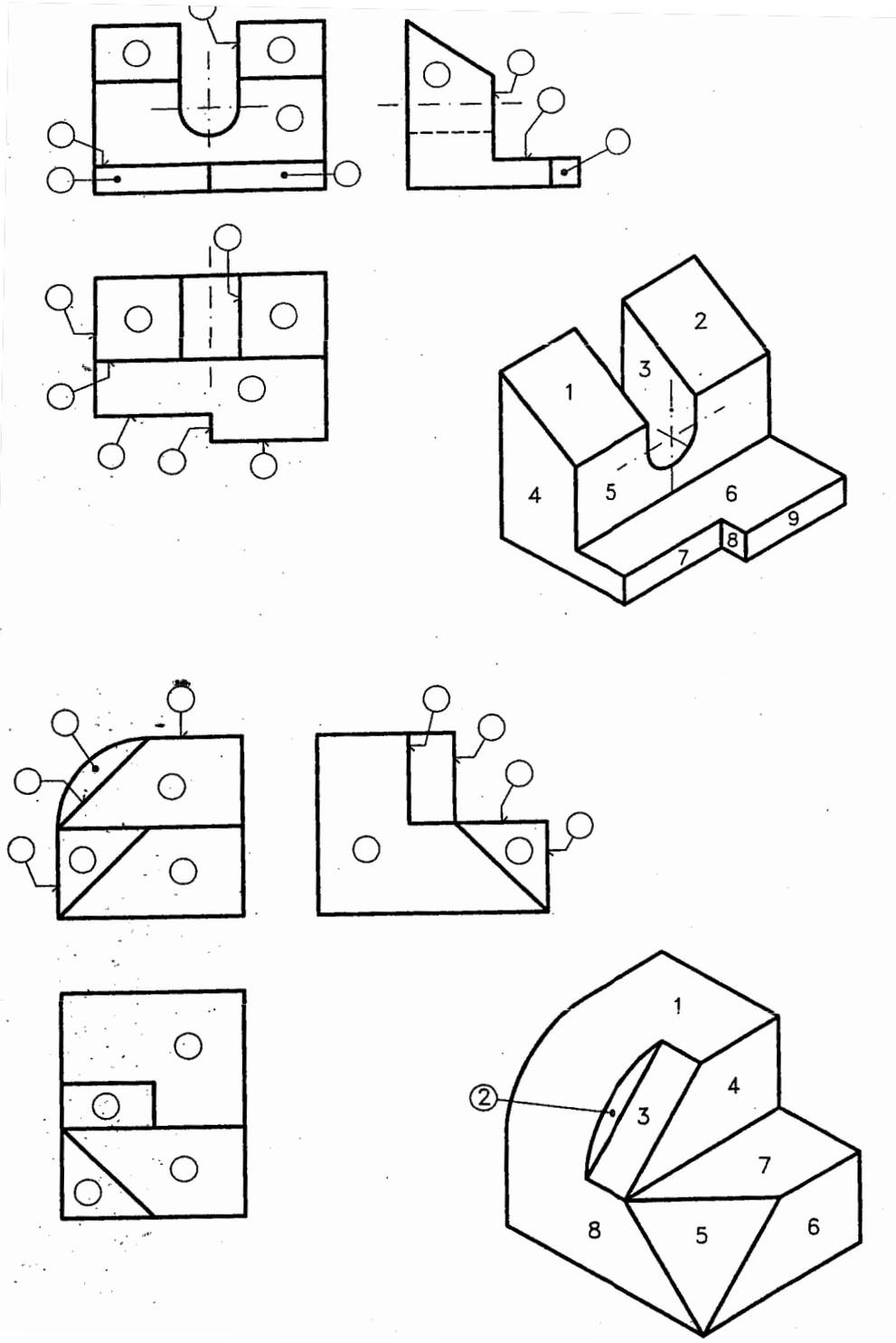


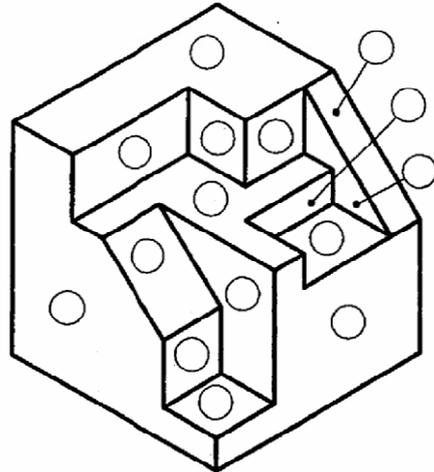
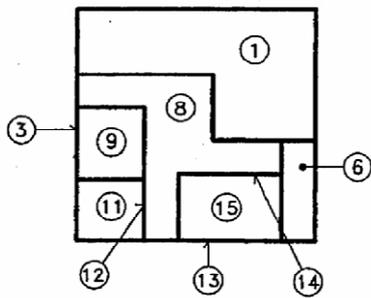
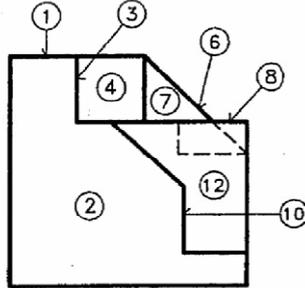
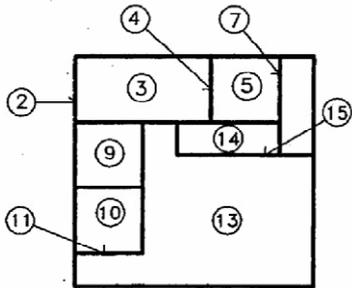
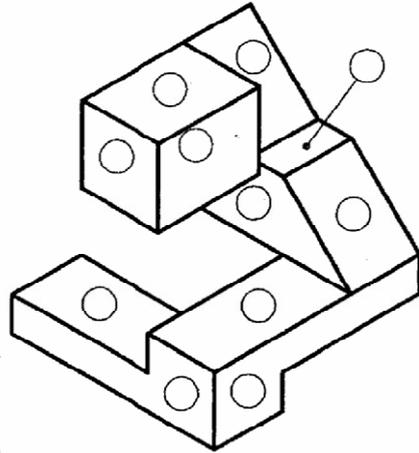
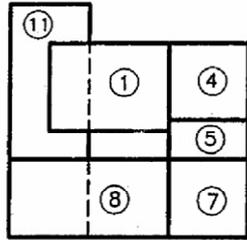
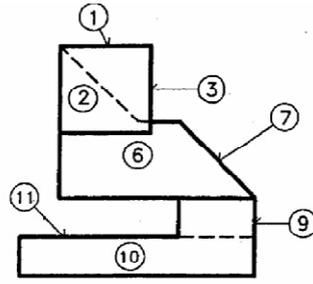
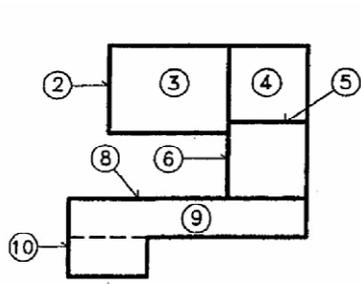
Dibujar una perspectiva diferente a la que hay en la figura, así como una vista de la pieza desde el frente, el lateral y desde arriba

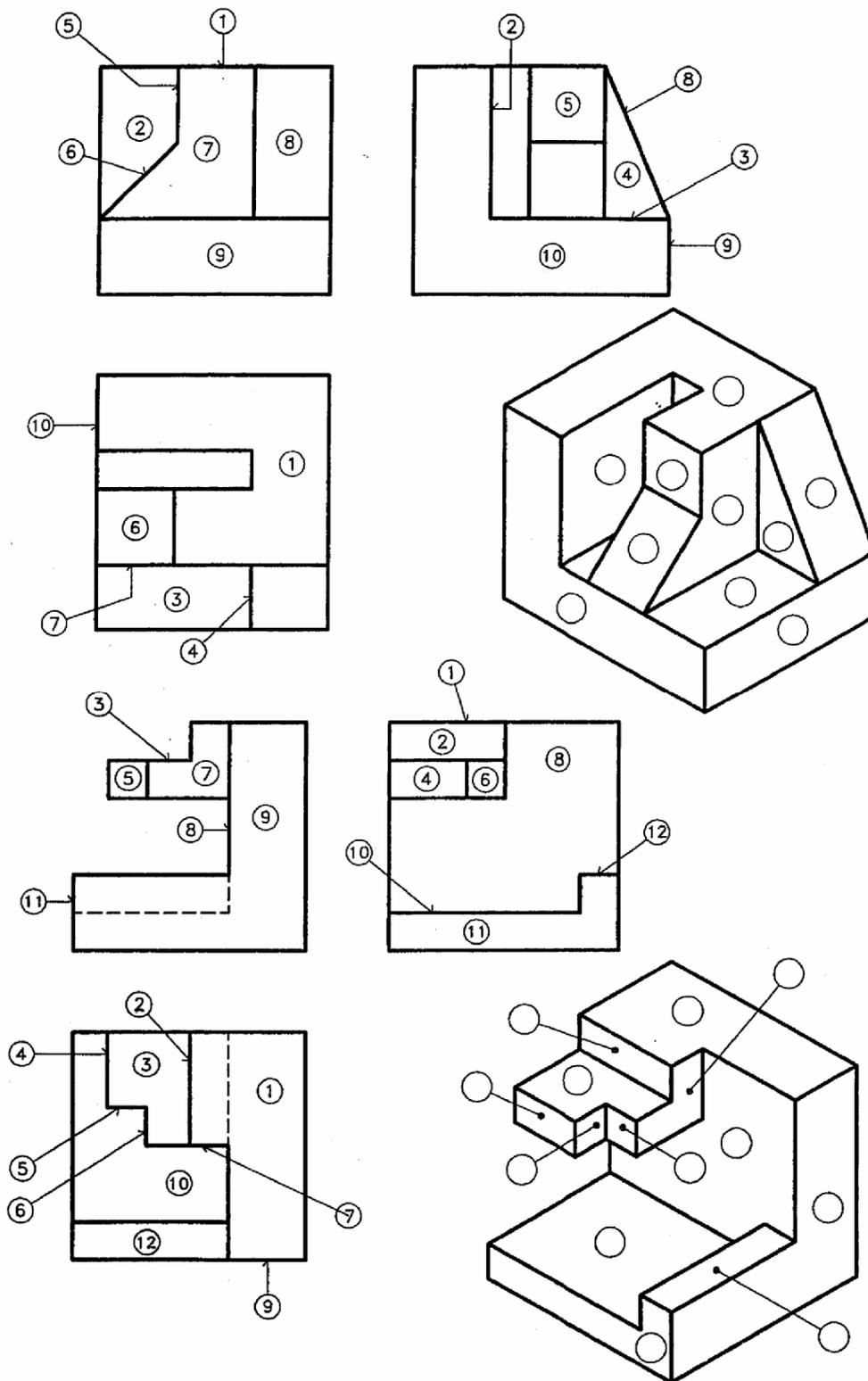


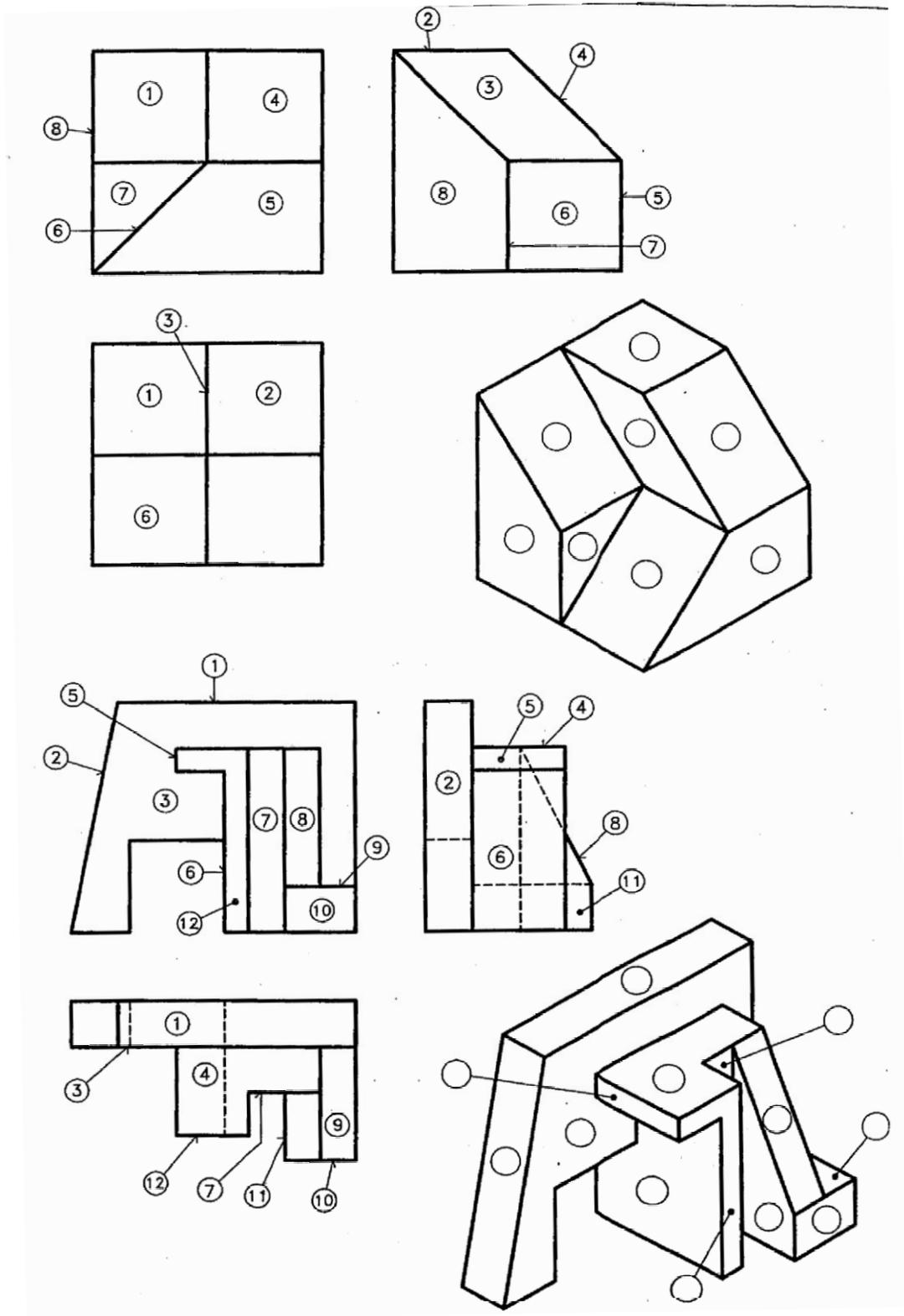
### Identificar vistas en superficies



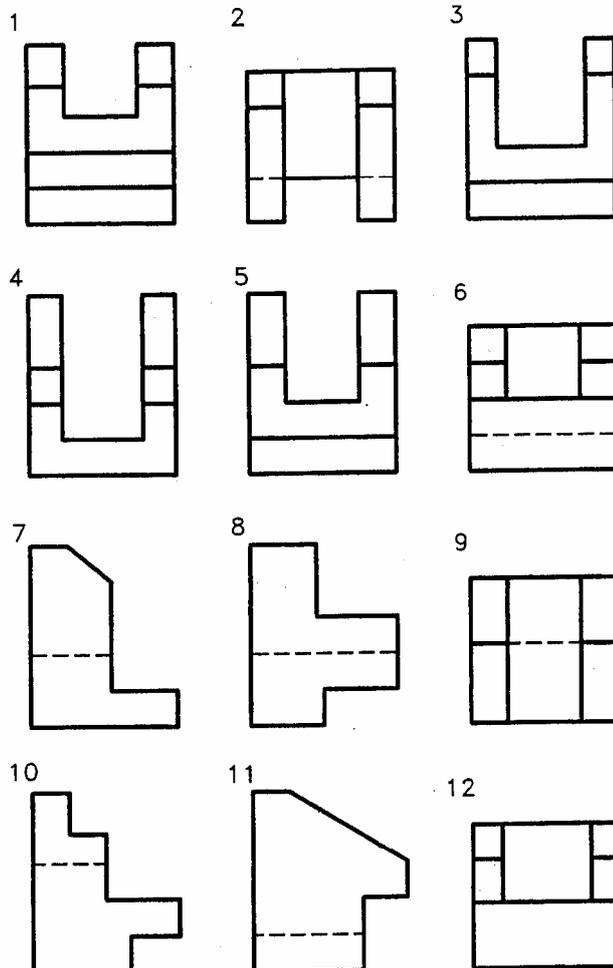
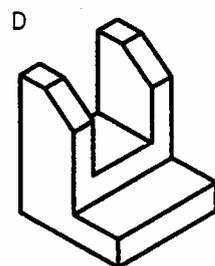
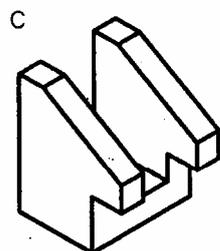
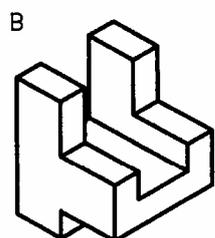
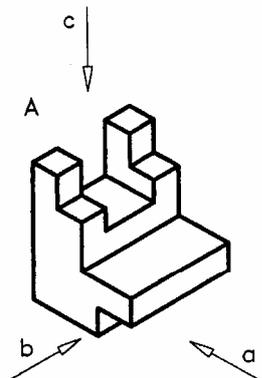




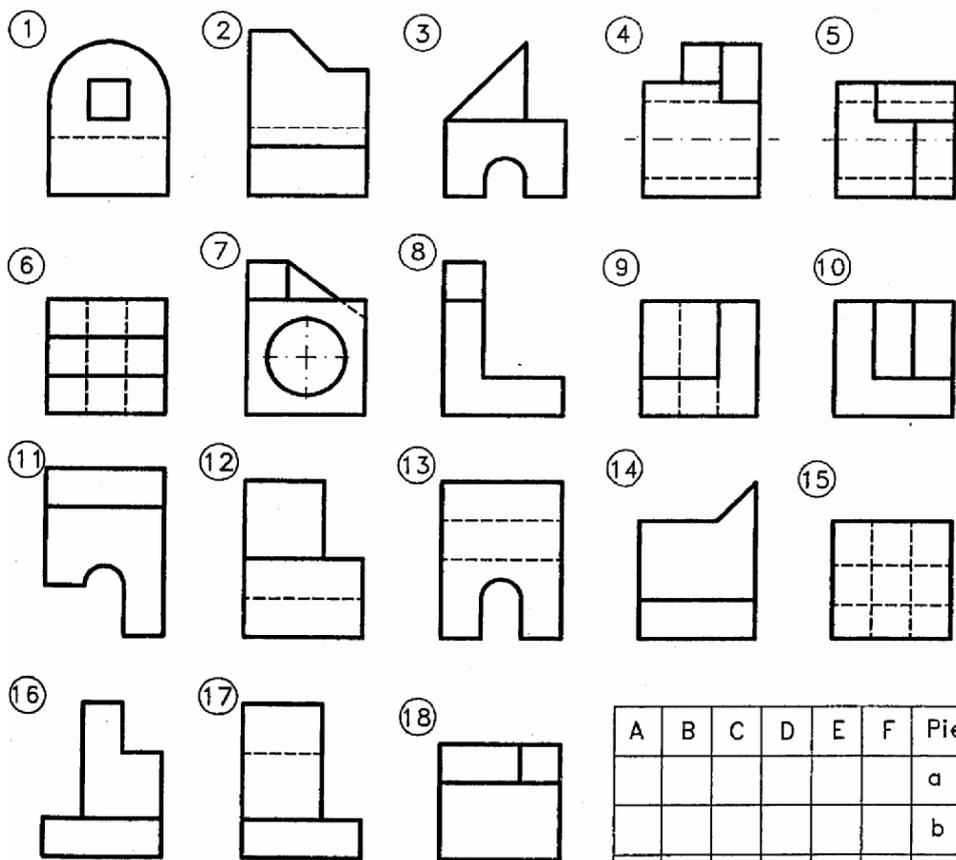
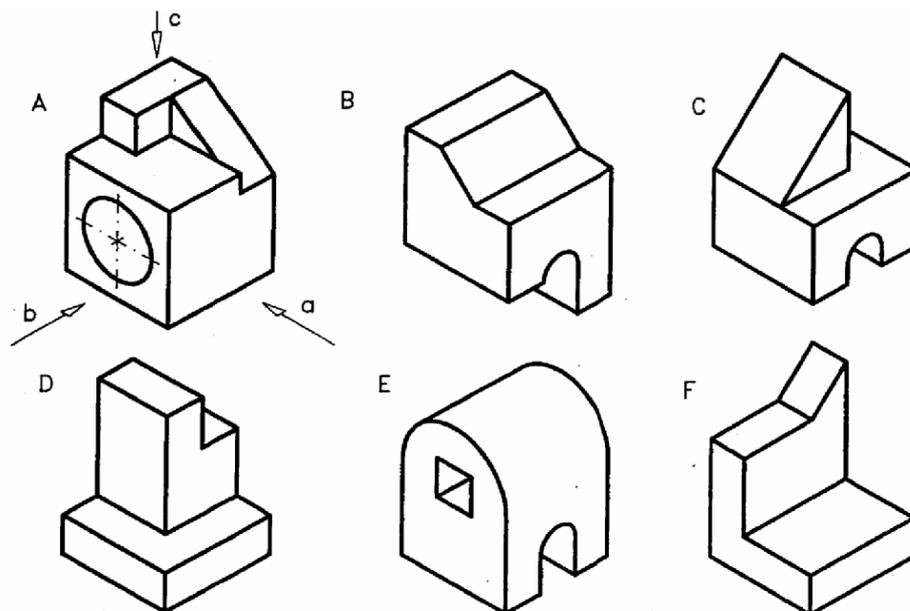




### Discriminar vistas



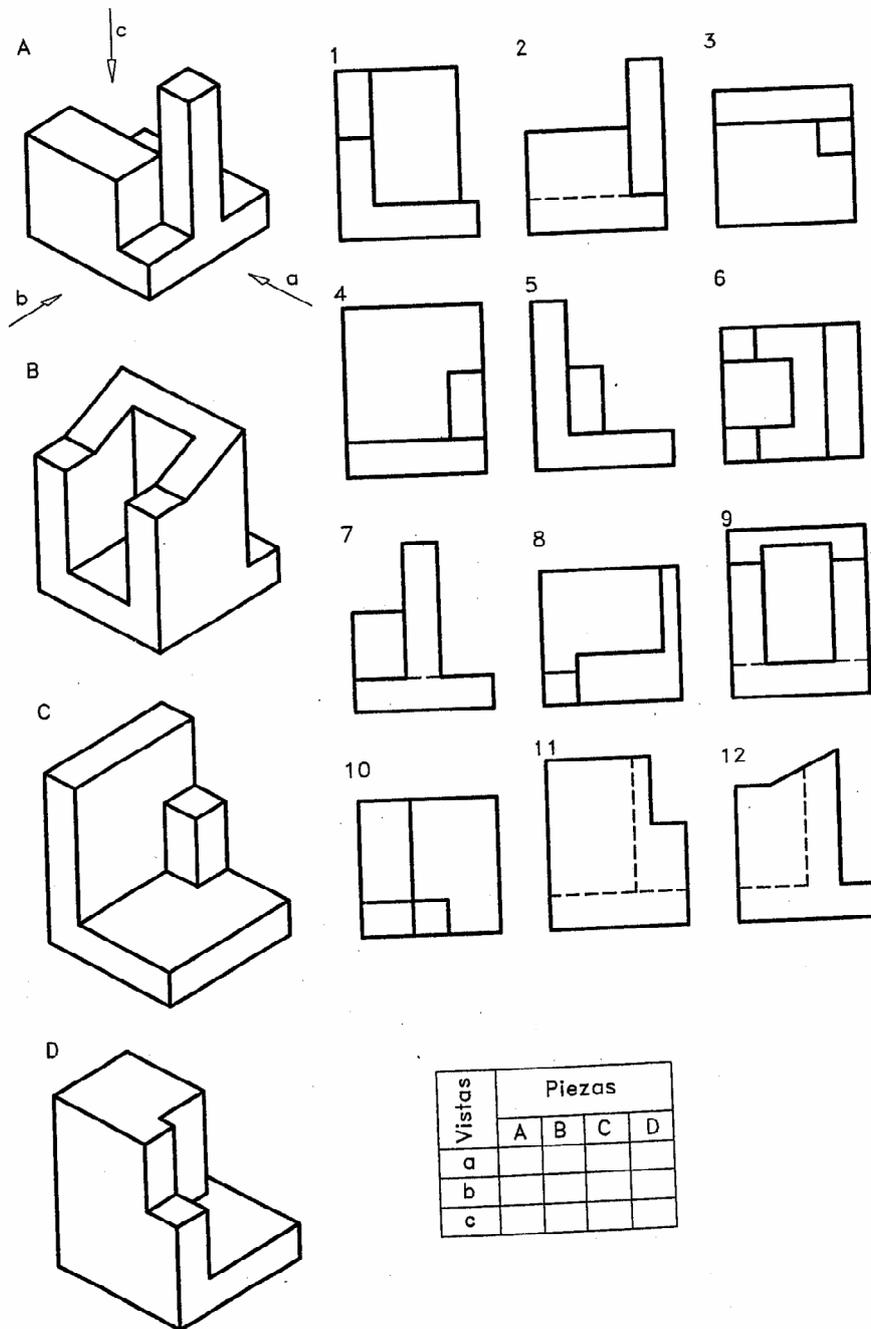
Pieza		A	B	C	D
vistas	a				
	b				
	c				



A	B	C	D	E	F	Pieza
						a
						b
						c

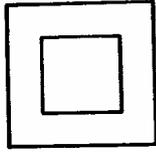
The diagram illustrates the relationship between 3D objects and their 2D orthographic projections. On the left, seven 3D objects labeled A through G are shown. Object A has three viewing directions indicated by arrows: 'a' from the front-right, 'b' from the front-left, and 'c' from the top-right. To the right of each object is a set of 2D projections numbered 1 through 21. These projections are arranged in a grid corresponding to the objects and their views. For example, object A has projections 1, 2, and 3. Object B has projections 4, 5, and 6. Object C has projections 7, 8, and 9. Object D has projections 10, 11, and 12. Object E has projections 13, 14, and 15. Object F has projections 16, 17, and 18. Object G has projections 19, 20, and 21. Some projections include dashed lines to indicate hidden edges.

Pieza		A	B	C	D	E	F	G
vistas	a							
	b							
	c							

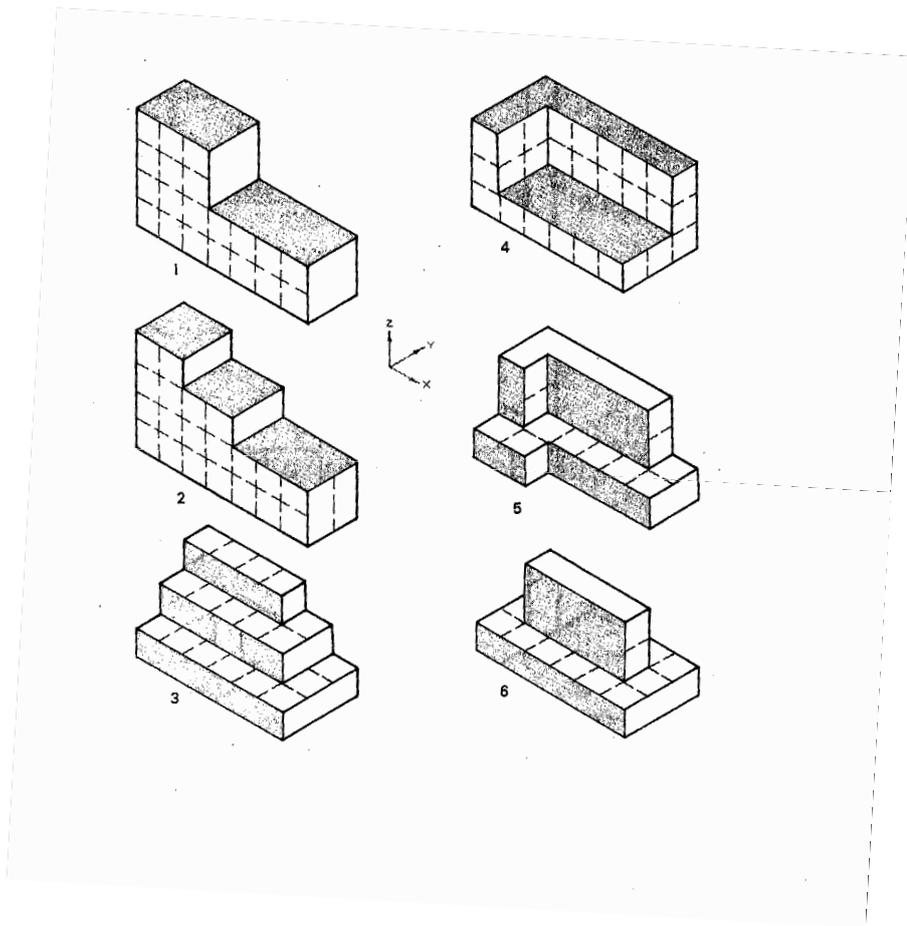


***Ejercicios de obtención de vistas***

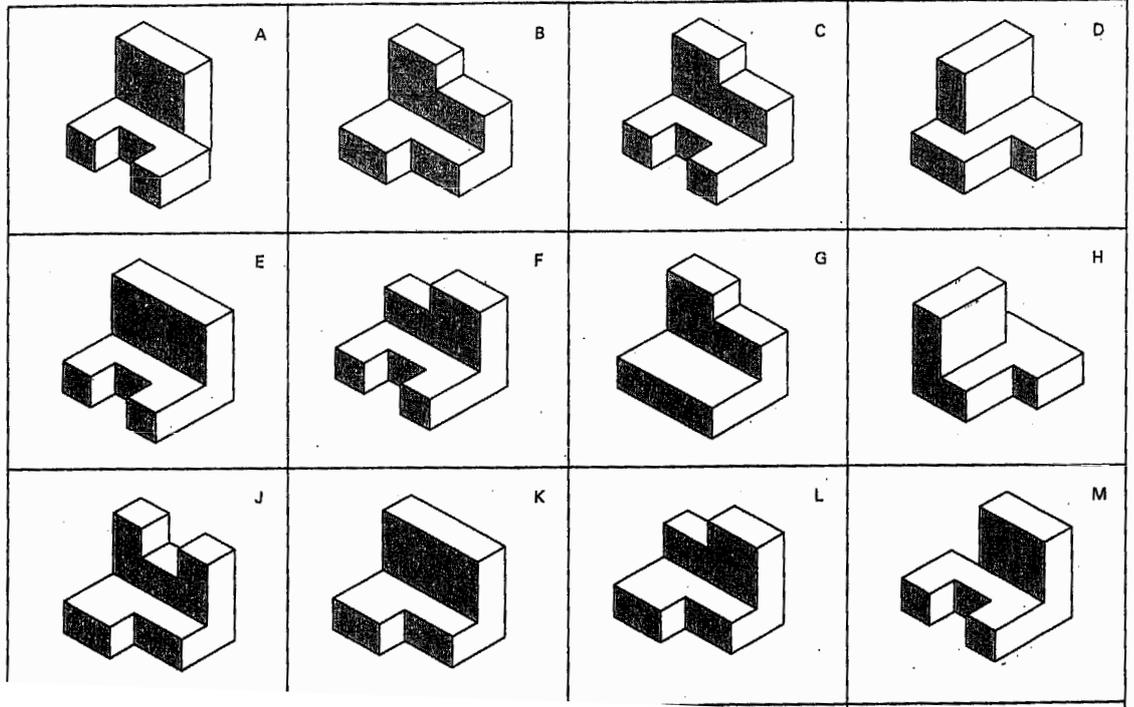
***Dibujar cinco alzados que se correspondan con esta planta***

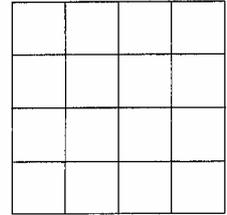
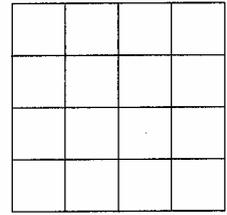
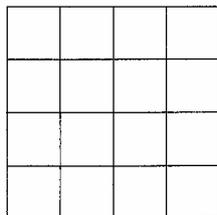
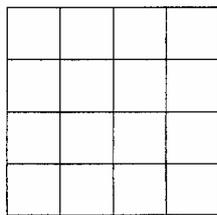
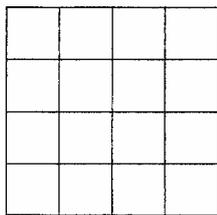
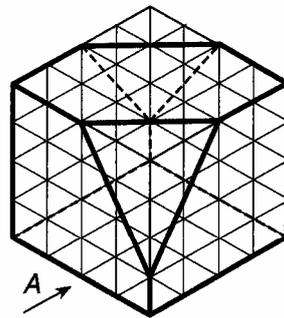
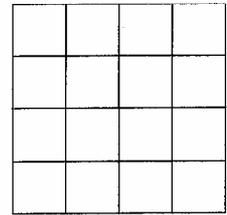
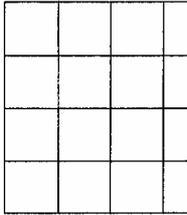
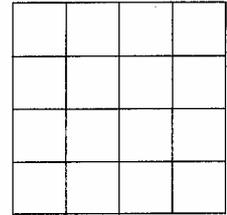
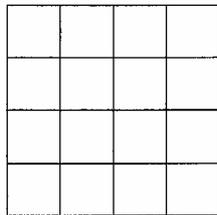
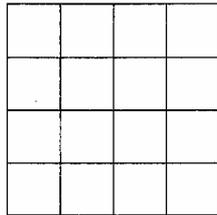
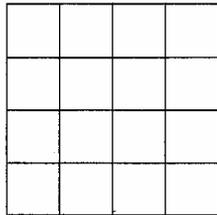
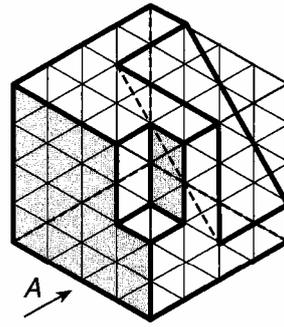


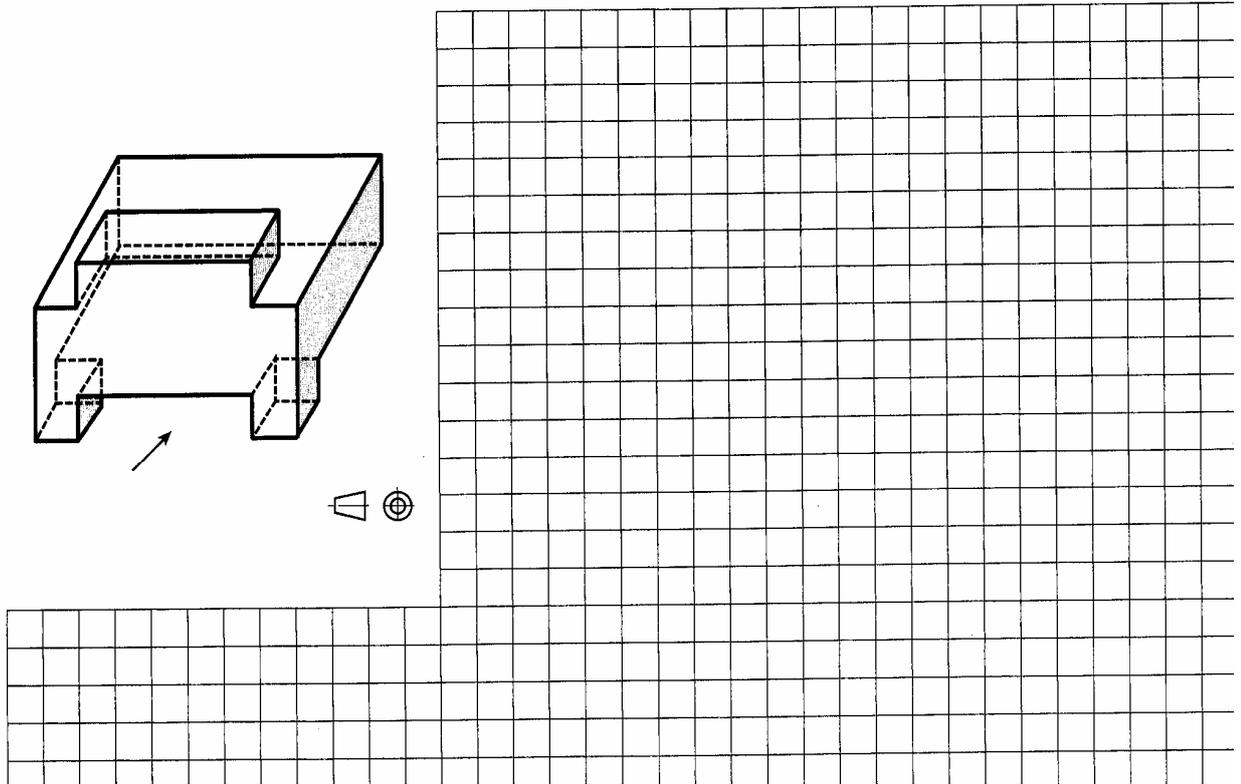
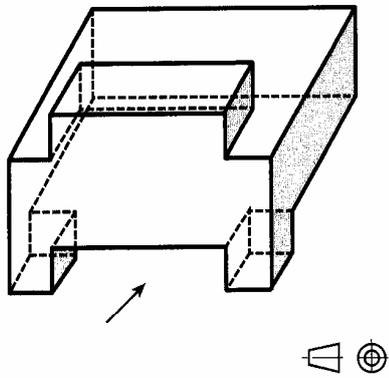
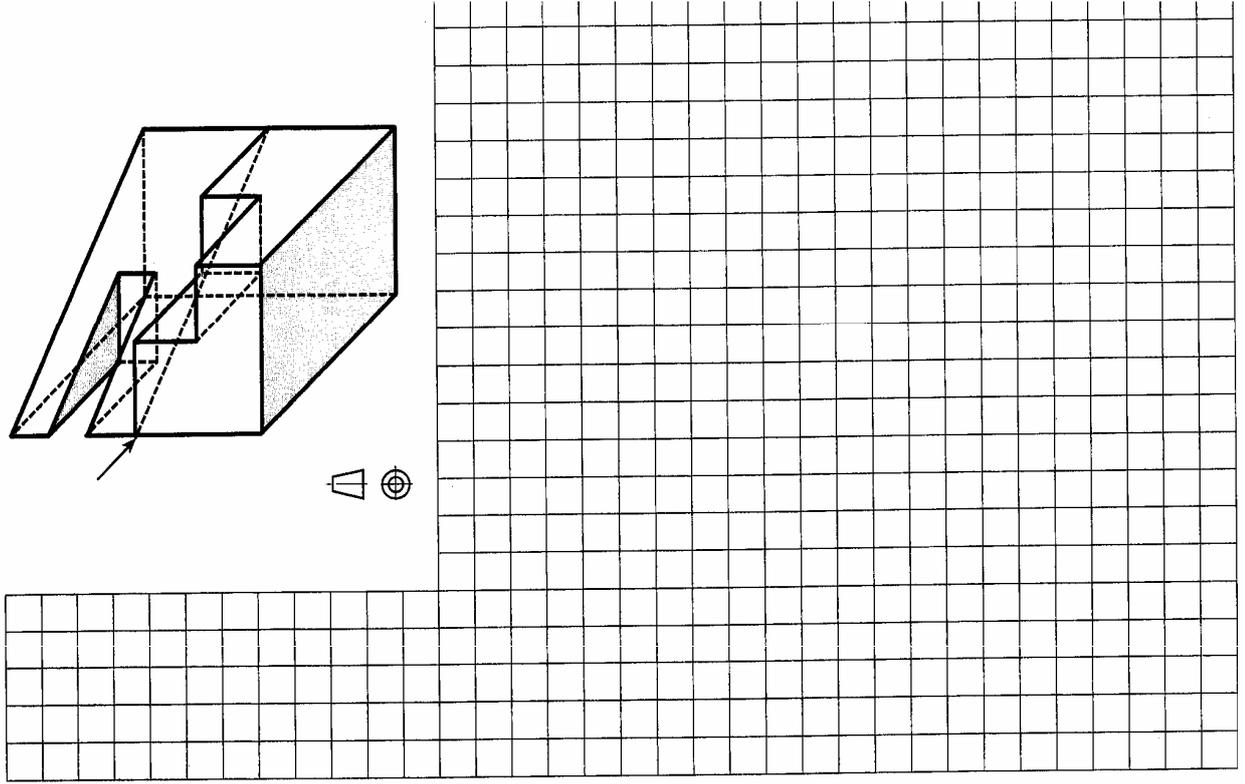
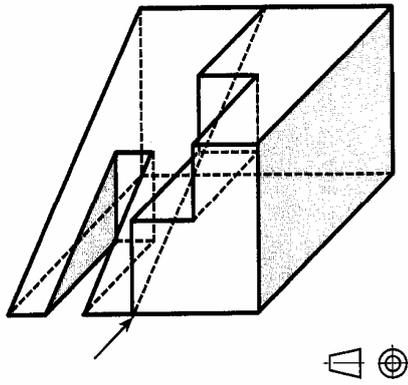
**Dibujar las vistas normalizadas de las siguientes piezas**

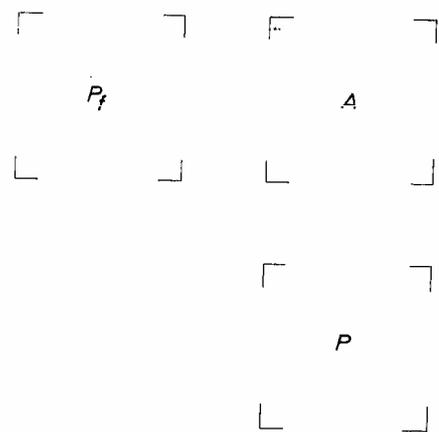
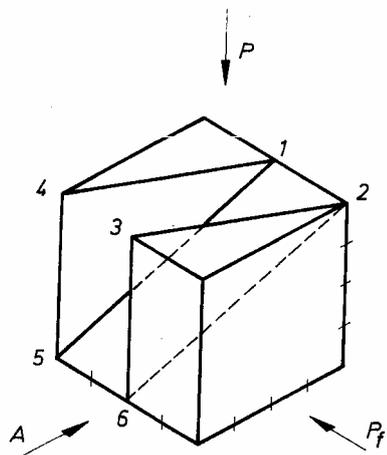
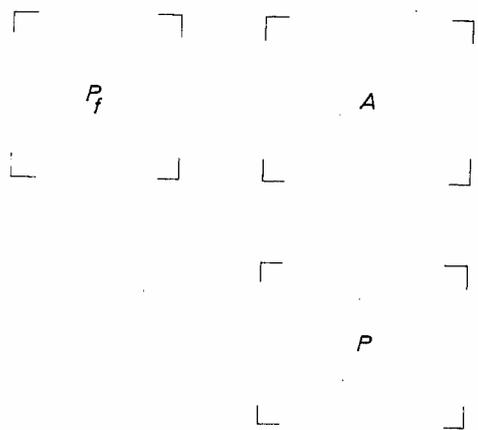
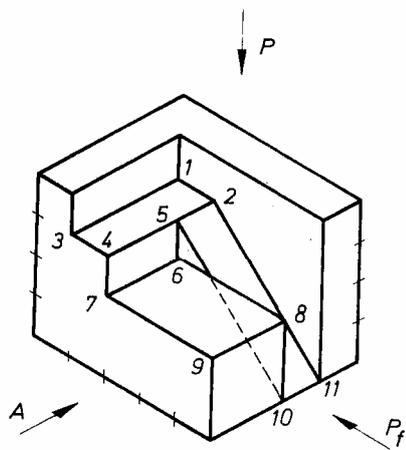
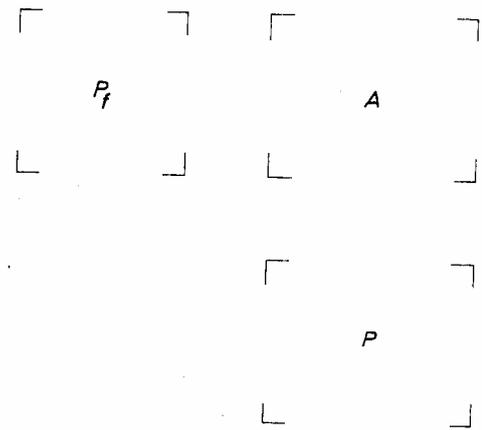
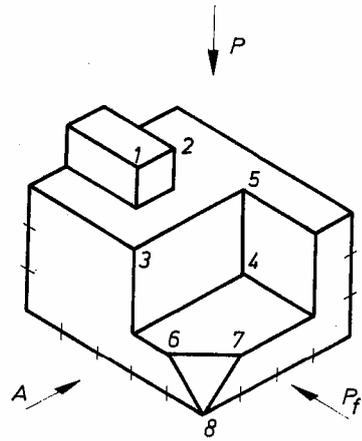


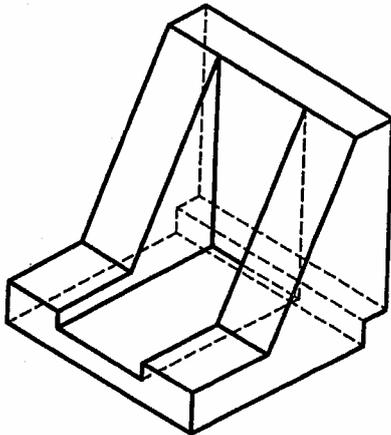
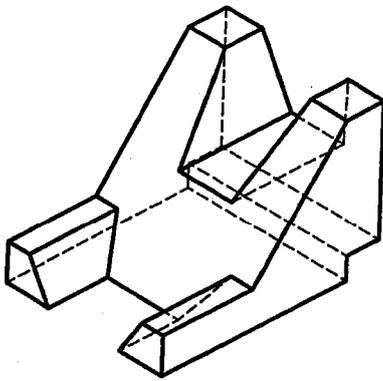
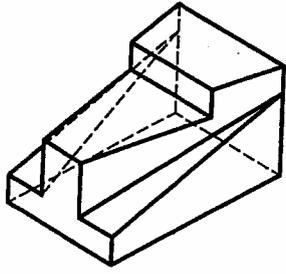
**Dibujar las vistas normalizadas de las siguientes piezas**

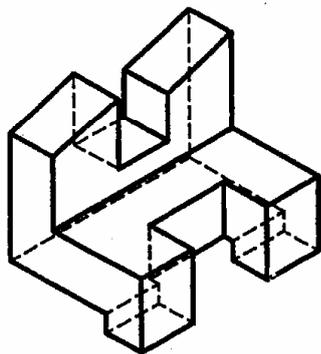
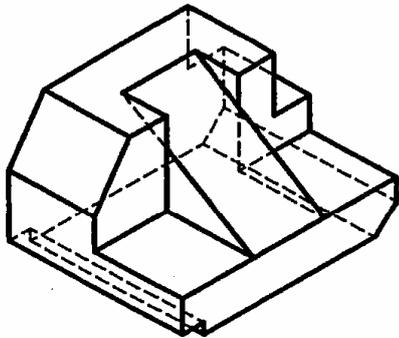
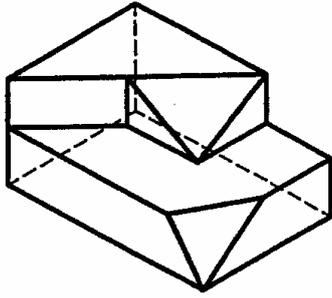


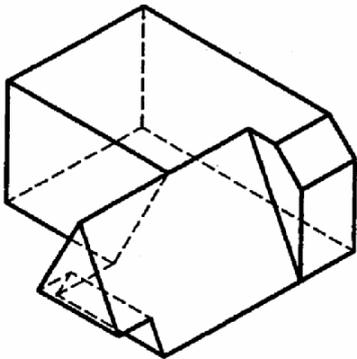
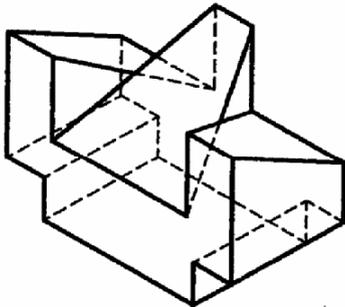
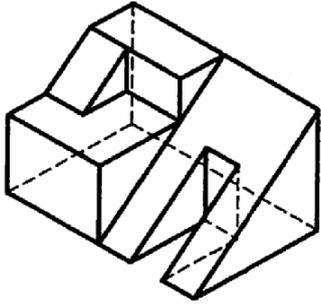




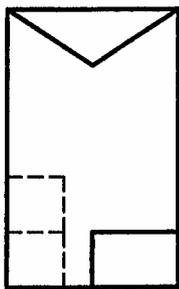
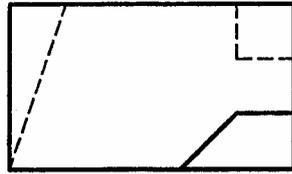
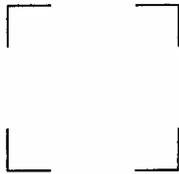
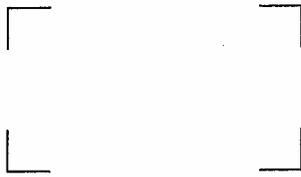
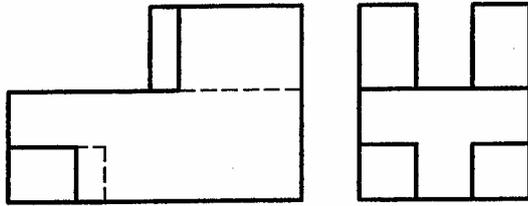


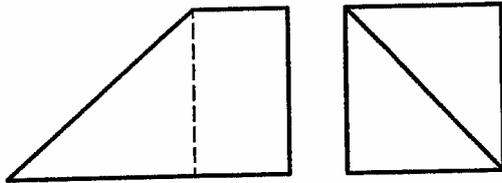
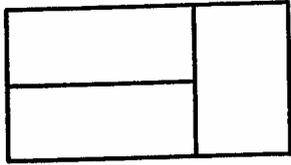
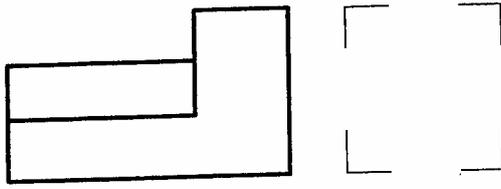


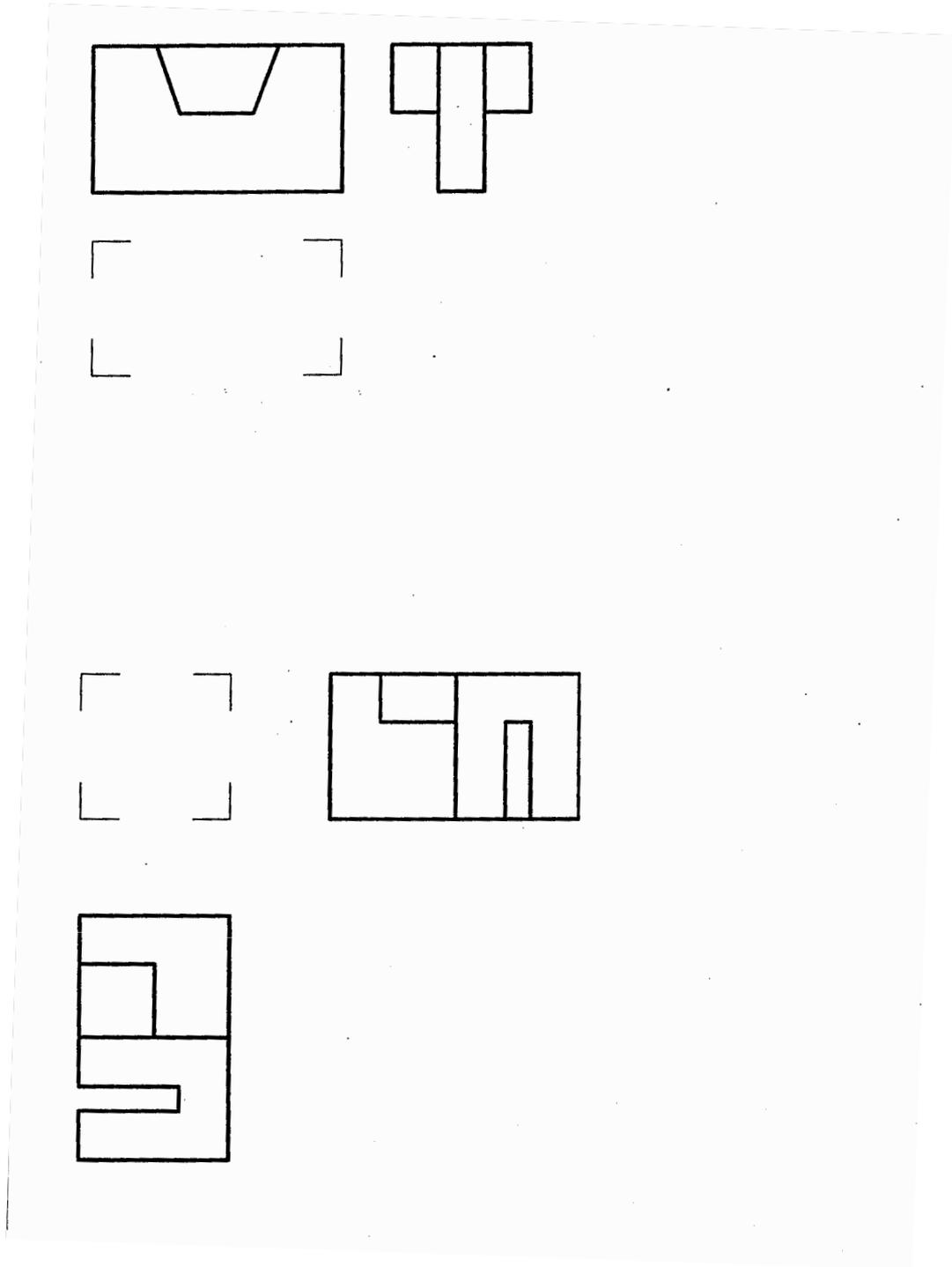




**Obtener una perspectiva y la tercera vista de las siguientes figuras**







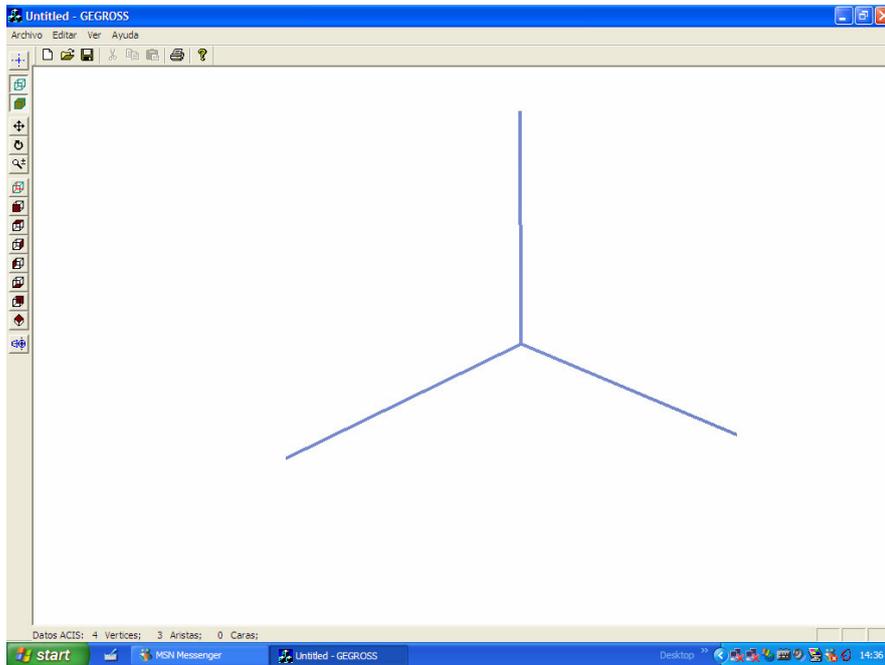
## **Anexo IV.- Ejercicios propuestos de bocetado por ordenador**

En las siguientes figuras se detallan (como ya se comentó en el cuerpo de este trabajo) los pasos iniciales hasta construir un sólido (corresponden a lo que se esperaba que hiciera un alumno en la primera sesión del curso). Una vez realizada esta introducción se entregó un cuadernillo con una lista de ejercicios.

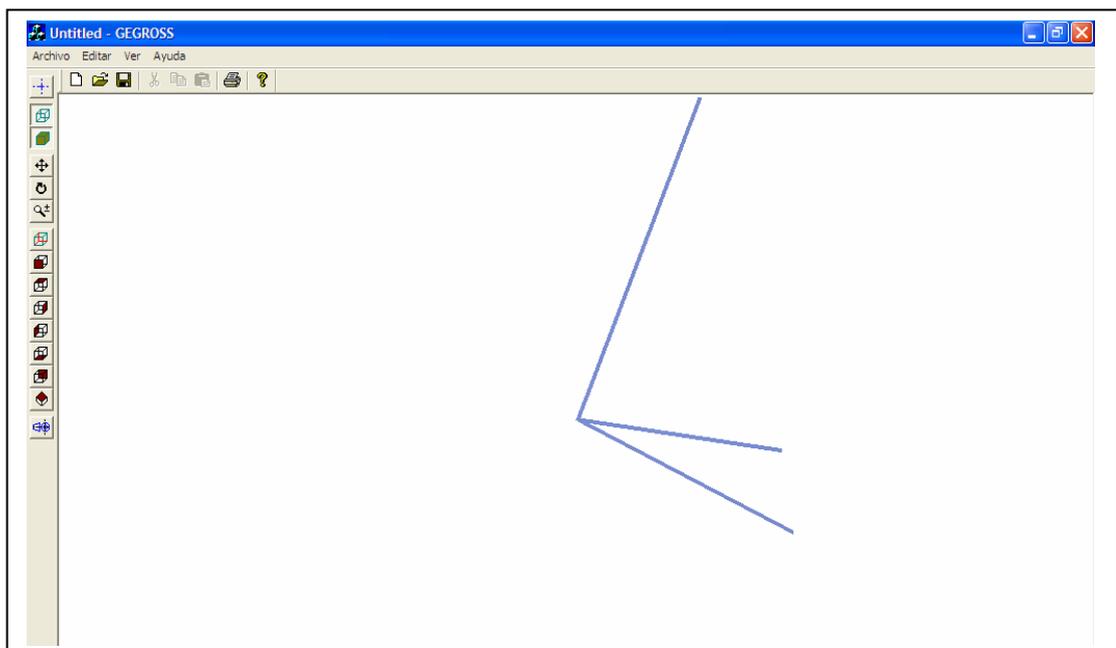
En este anexo se incluye el listado completo de los ejercicios entregados a los alumnos. El objetivo de los mismos era bocetar figuras cada vez más complejas, de manera que fueran progresando en dificultad a la misma vez que se mejora la destreza a la hora de manejar la aplicación de bocetado por ordenador. La obtención de las vistas normalizadas permitía al alumno asociar dichas vistas con una figura tridimensional construida por él. Se le pedían, además, pequeñas modificaciones, para que vieran el efecto sobre las vistas y viceversa.

## Pasos Iniciales

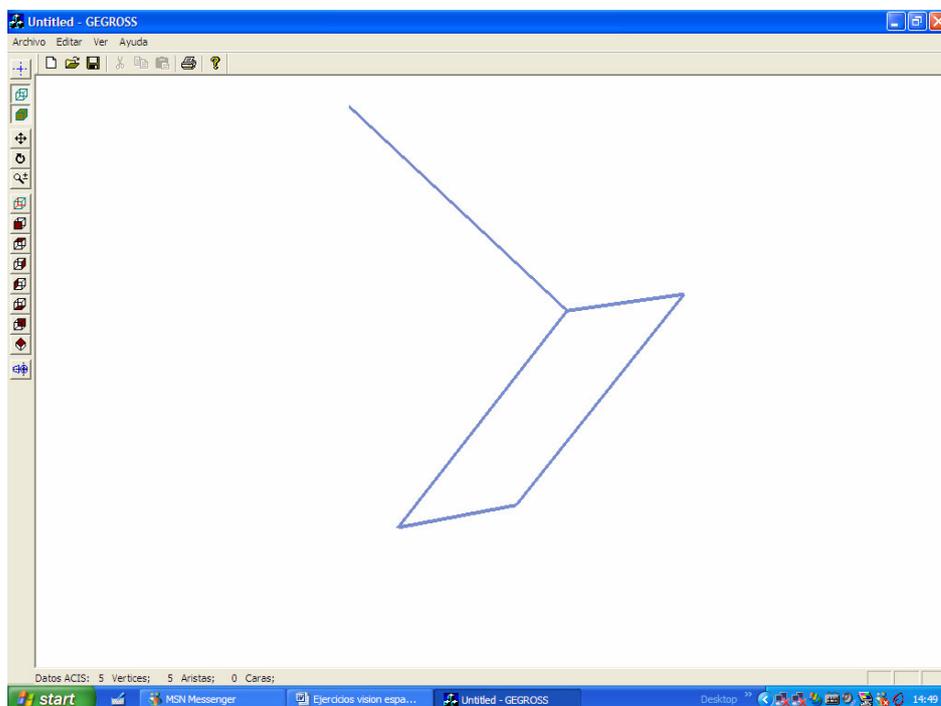
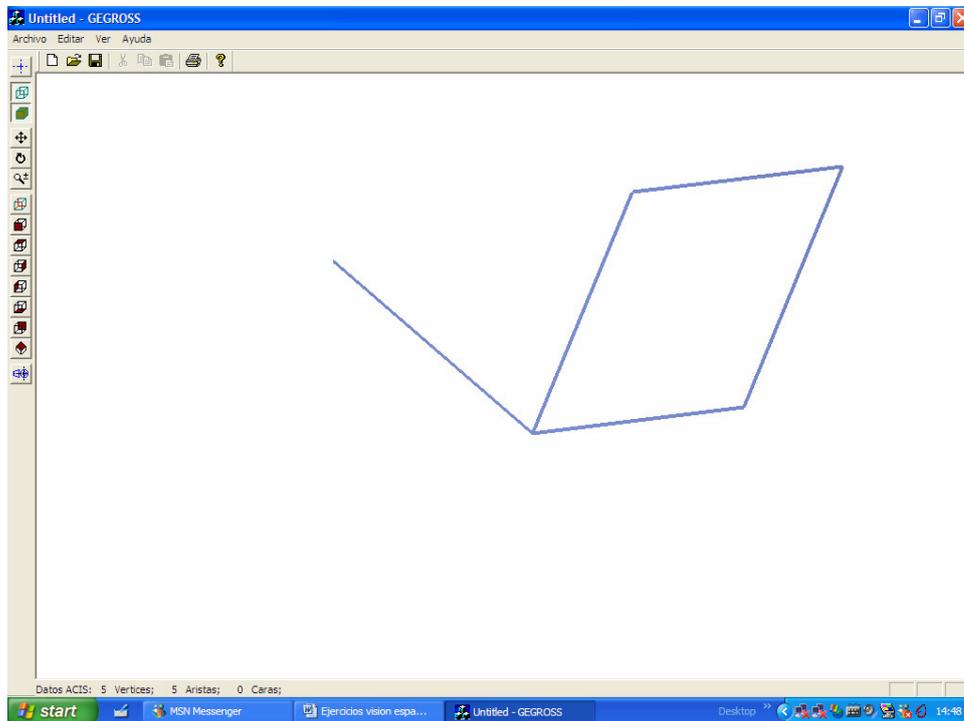
Dibujar los ejes principales del dibujo (X,Y,Z) y que la aplicación los reconozca como una entidad tridimensional es un ejercicio fundamental para poder seguir adelante. En la siguiente figura se puede ver como se puede rotar esta figura aparentemente plana. Es fundamental que los alumnos perciban que las cosas que están dibujando tienen tres dimensiones y este sencillo ejercicio les permite entender perfectamente lo que están haciendo.



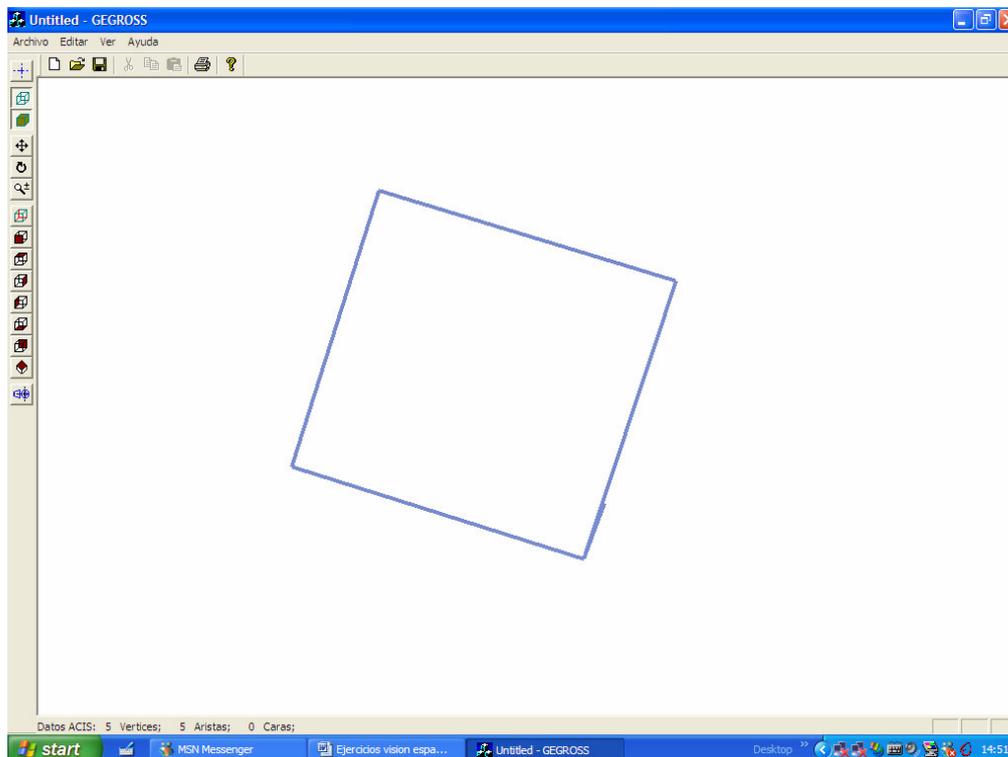
## Rotación de los ejes en el espacio



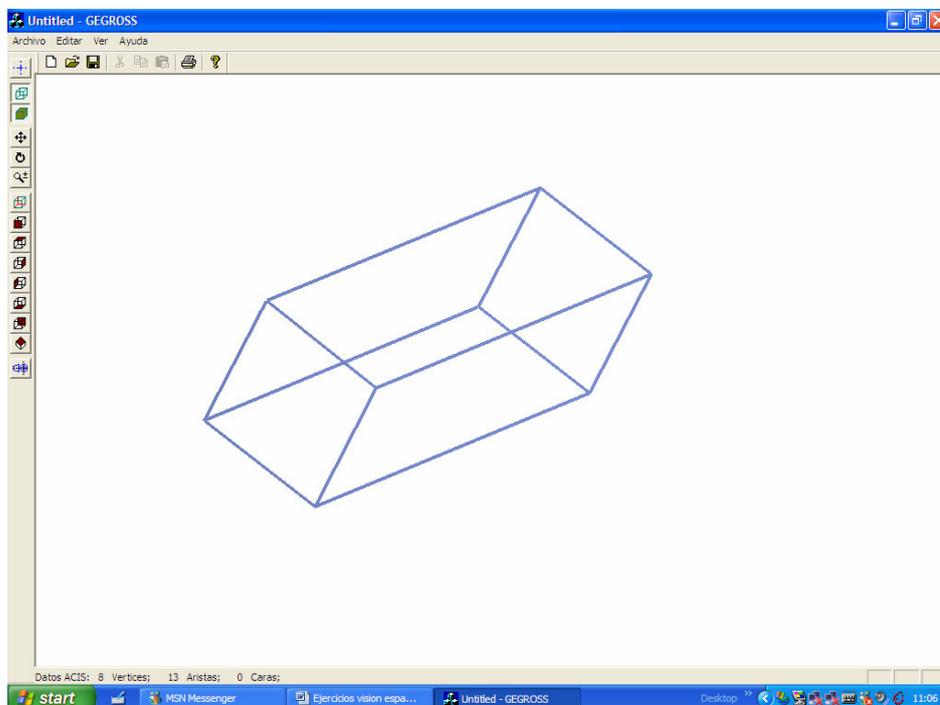
A partir de los ejes, se puede dibujar una cara y observar cómo se mueve en el espacio tridimensional.



Podemos comprobar sus giros o situar la figura en una de las vistas normalizadas. (En este caso la planta) De esta manera, sin haber completado una figura, el alumno empieza a entender los conceptos básicos de vistas normalizadas.



Podemos de esta manera completar el dibujo de un sólido elemental (paralelepípedo) y ver sus vistas normalizadas en cualquier momento.



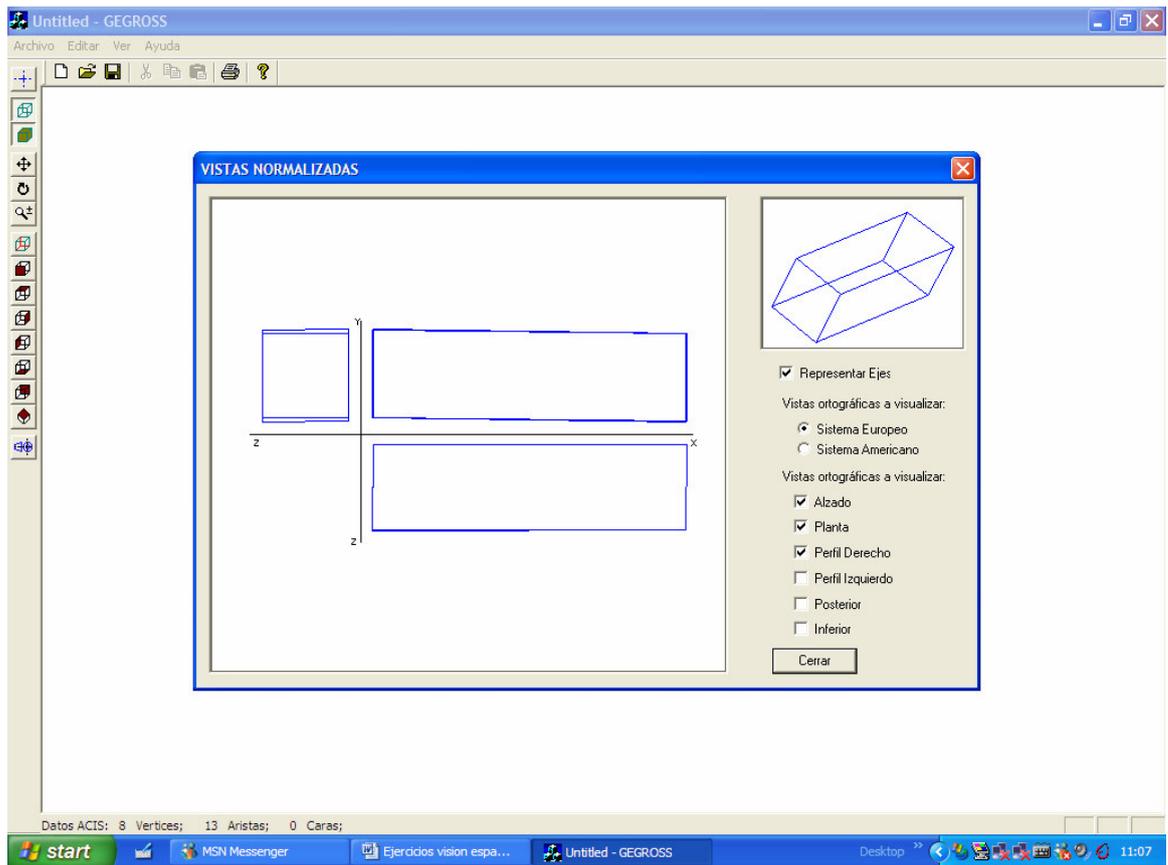
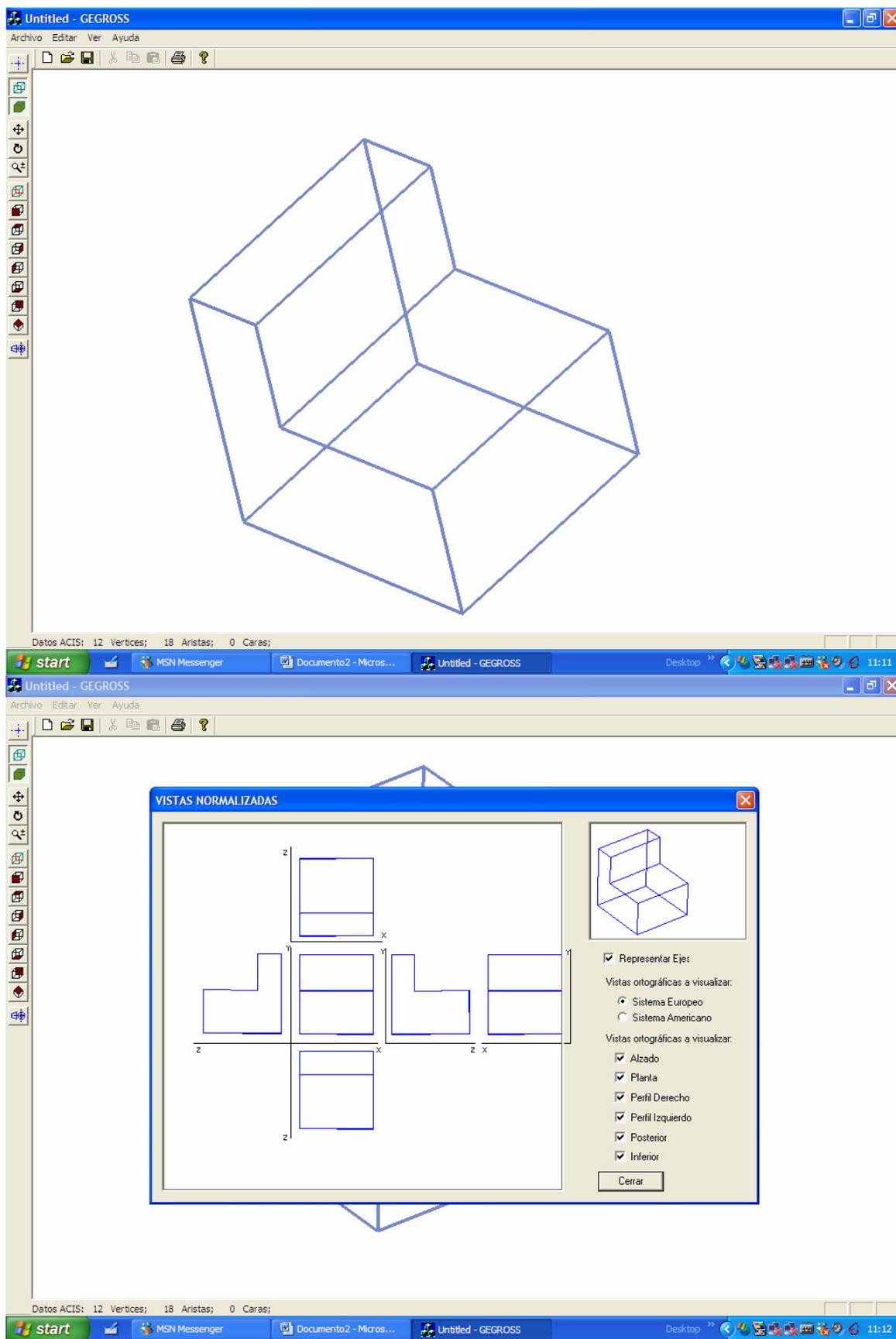
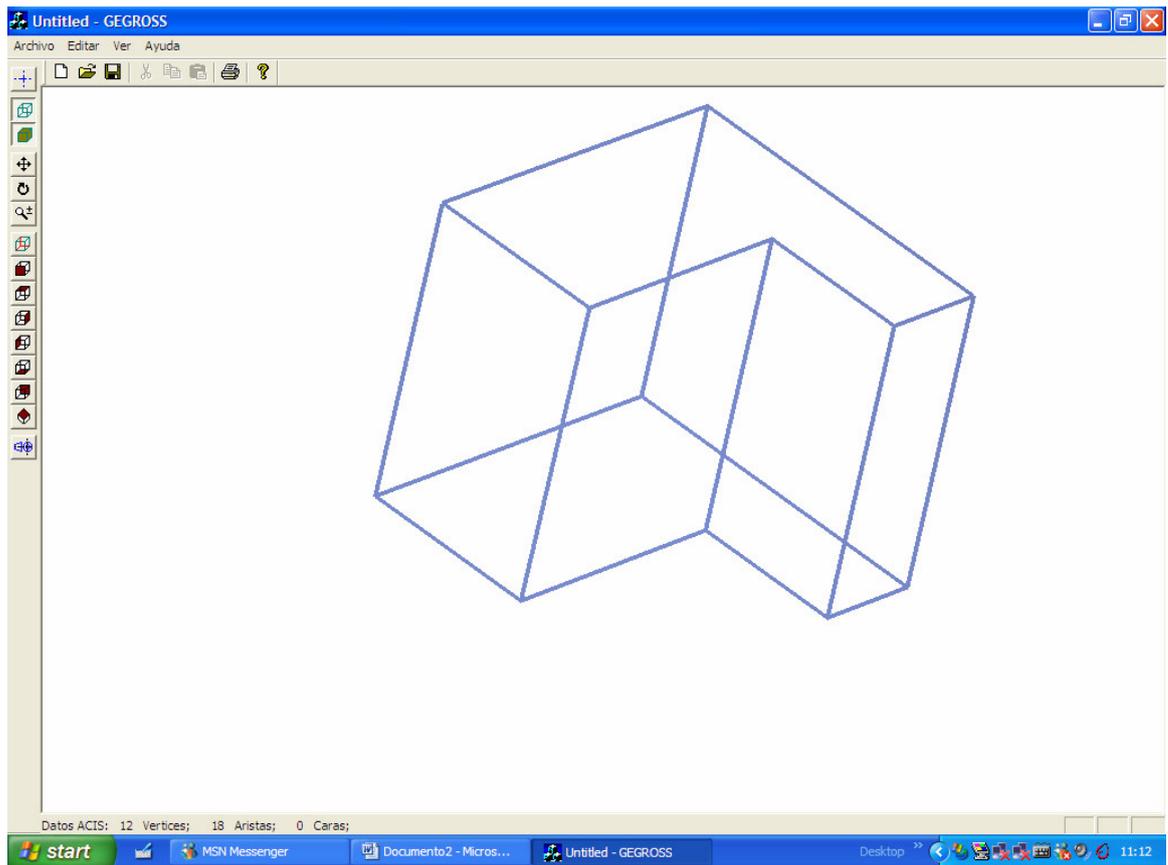


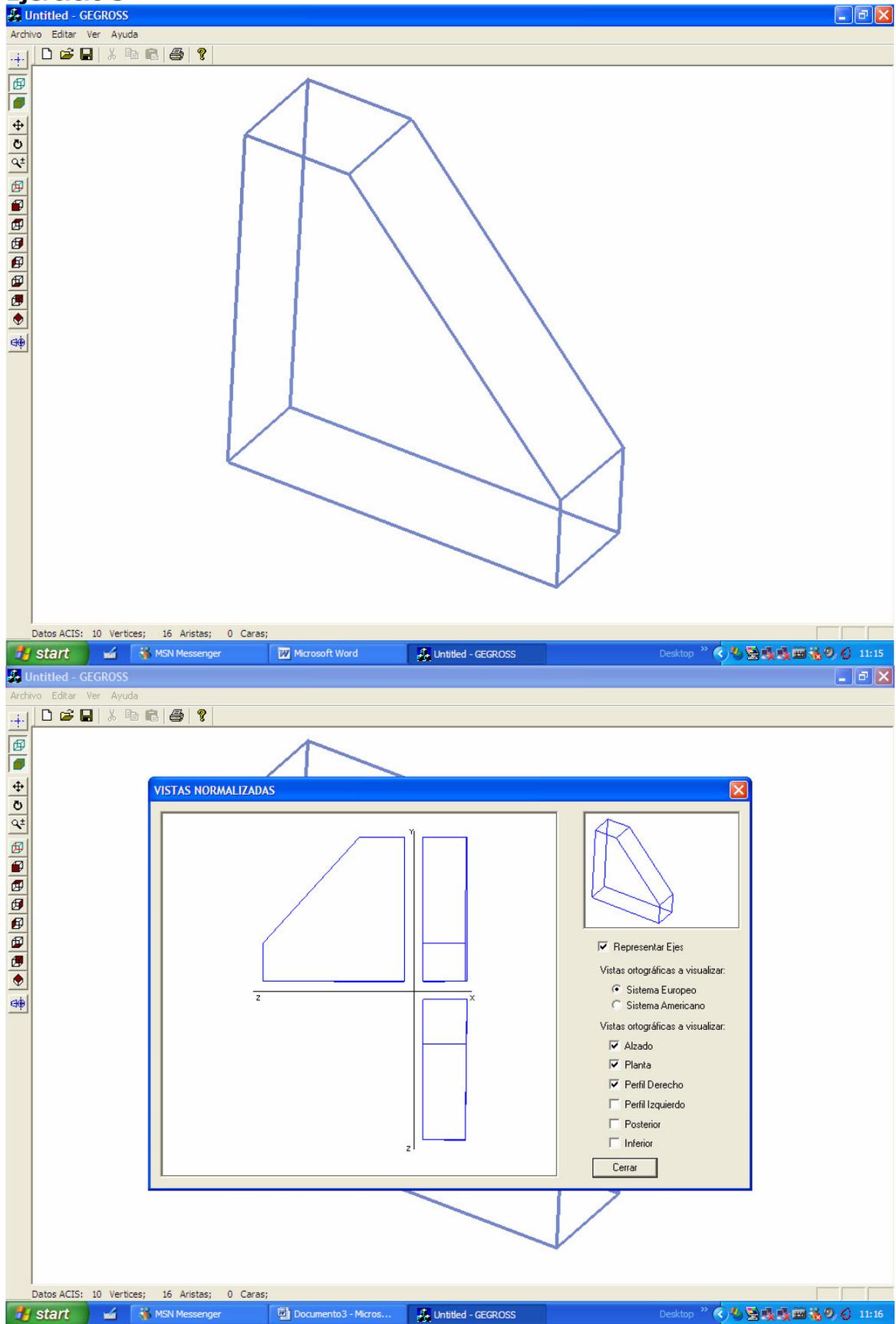
Figura 40 Pasos iniciales de la aplicación de bocetado por ordenador

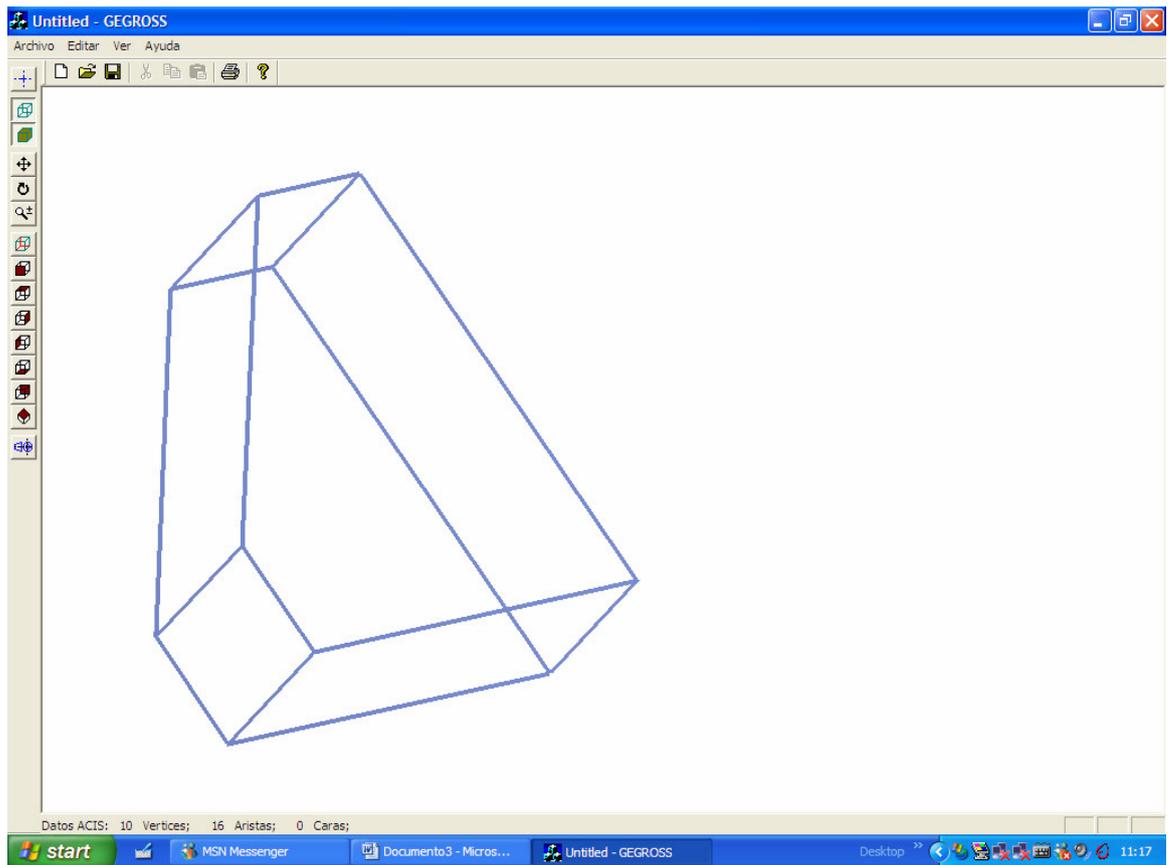
## Ejercicio 2



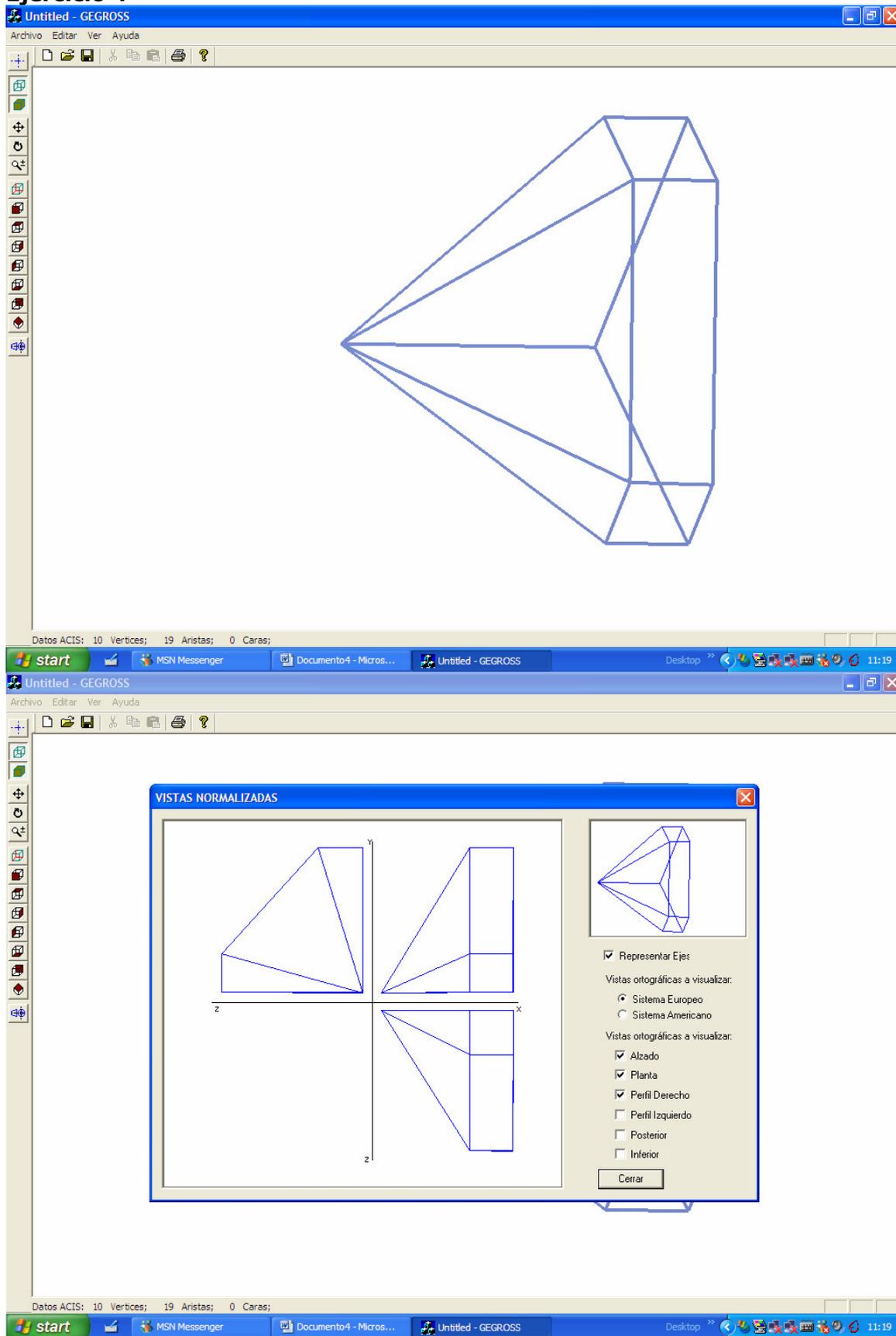


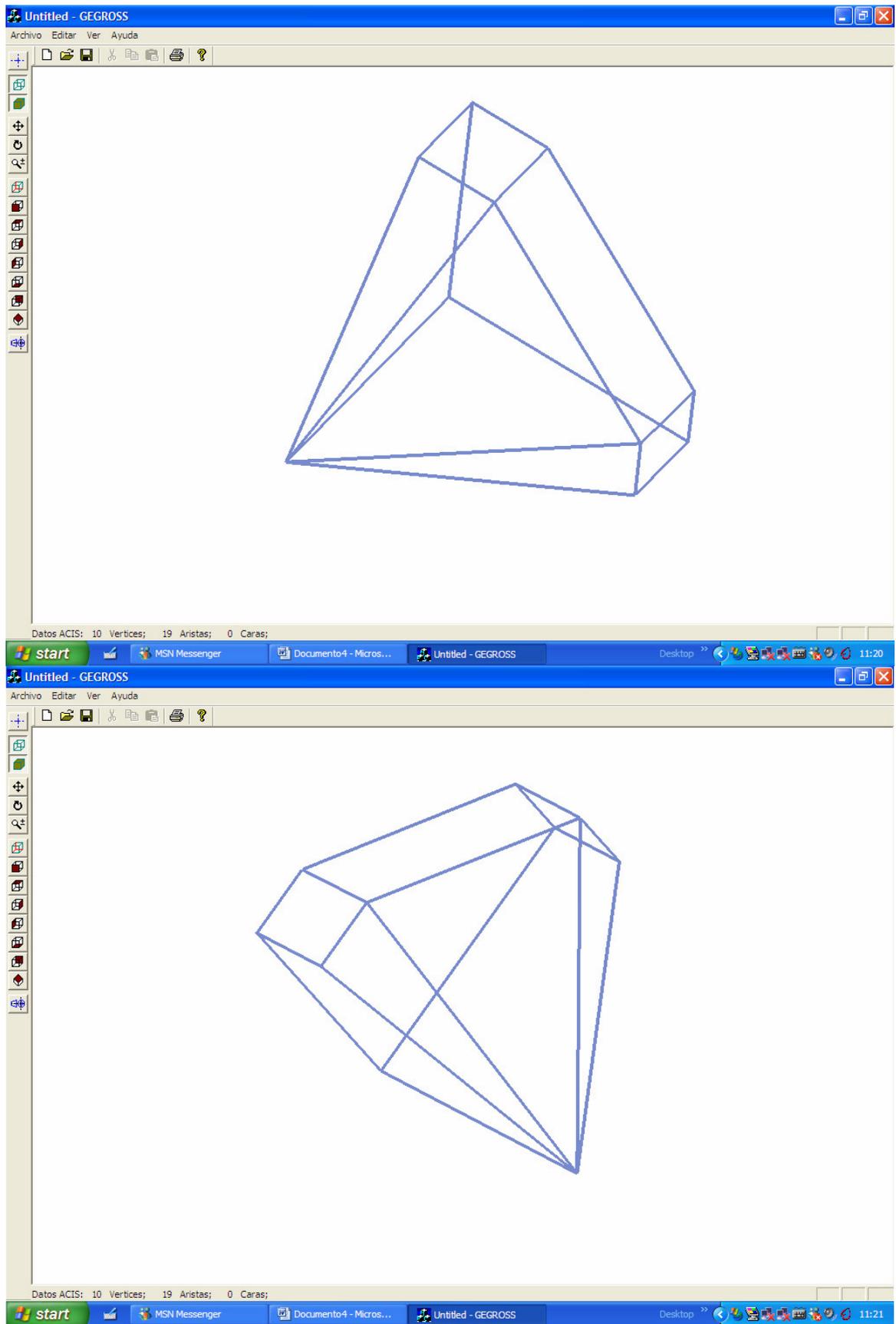
### Ejercicio 3



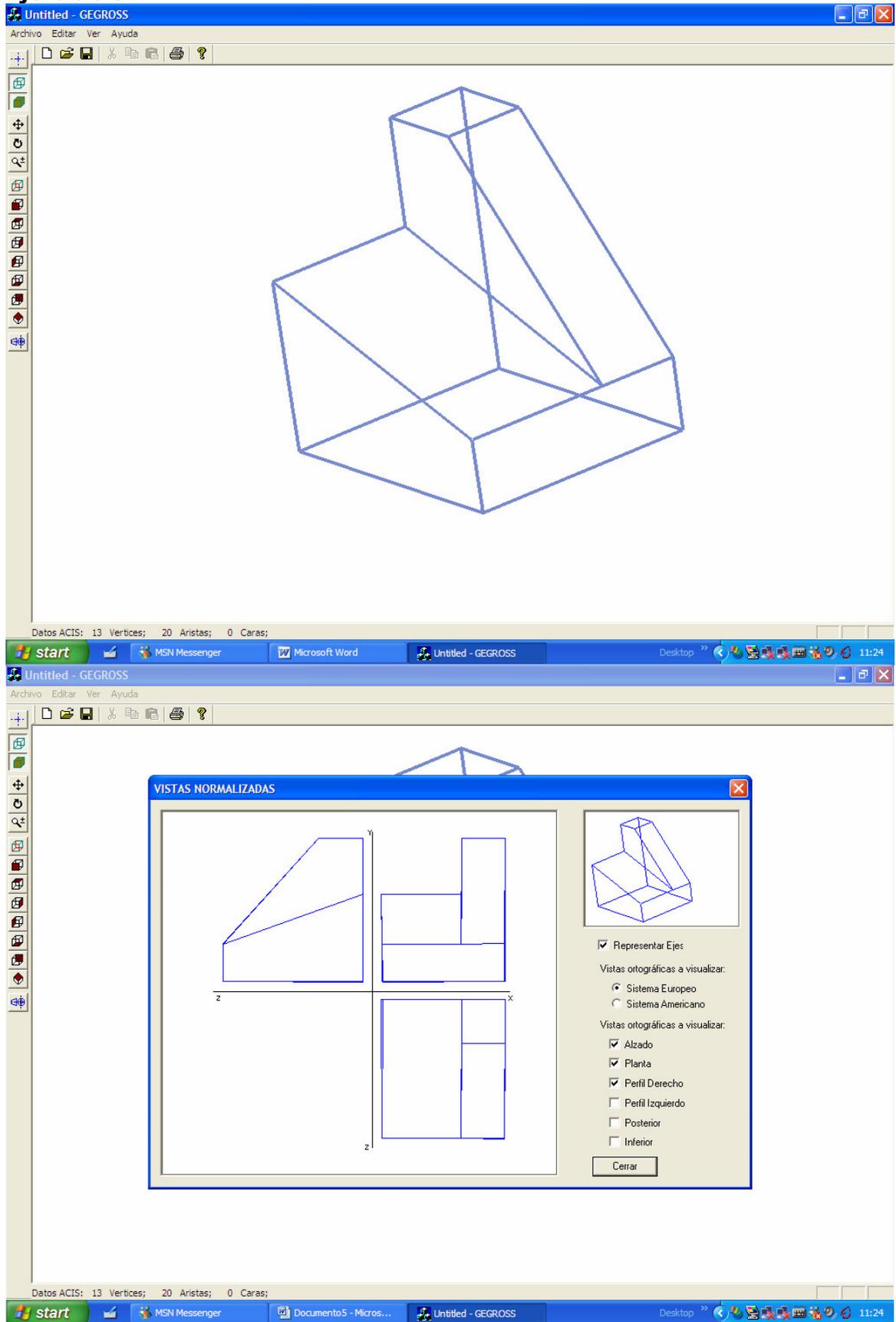


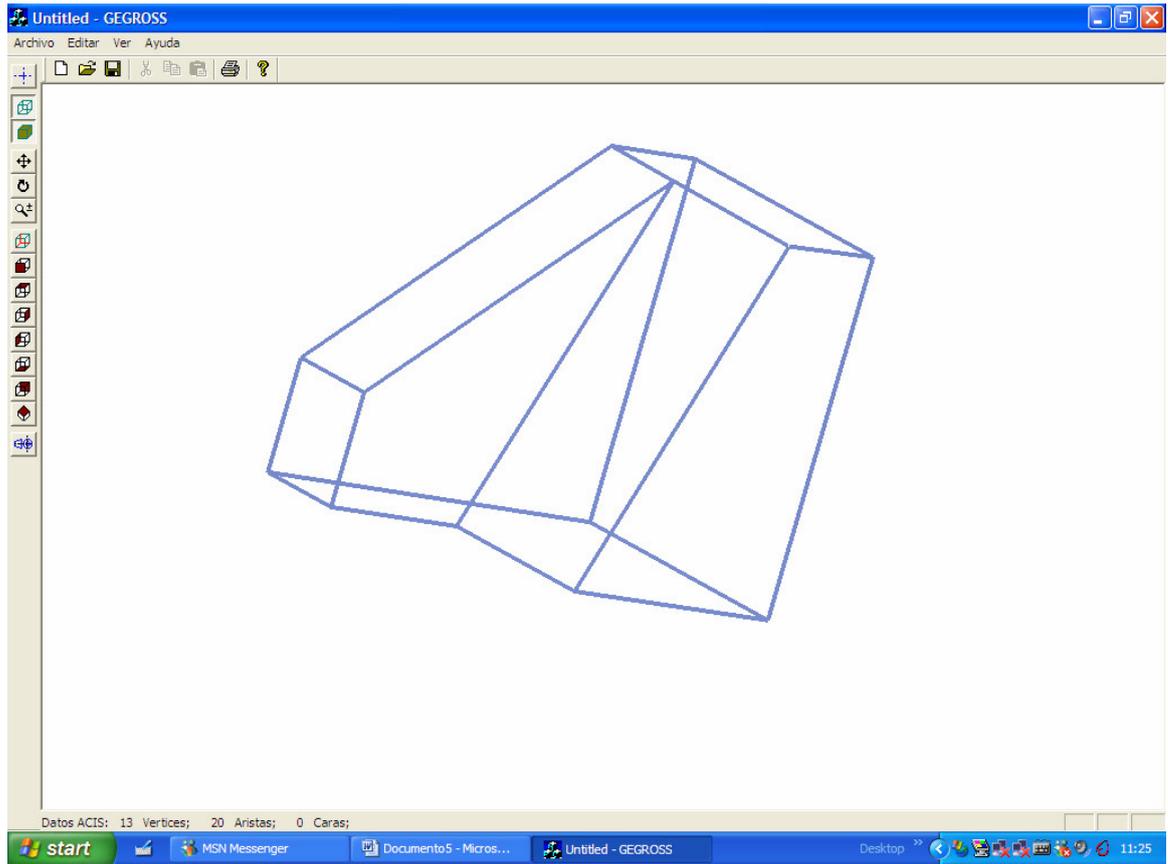
## Ejercicio 4



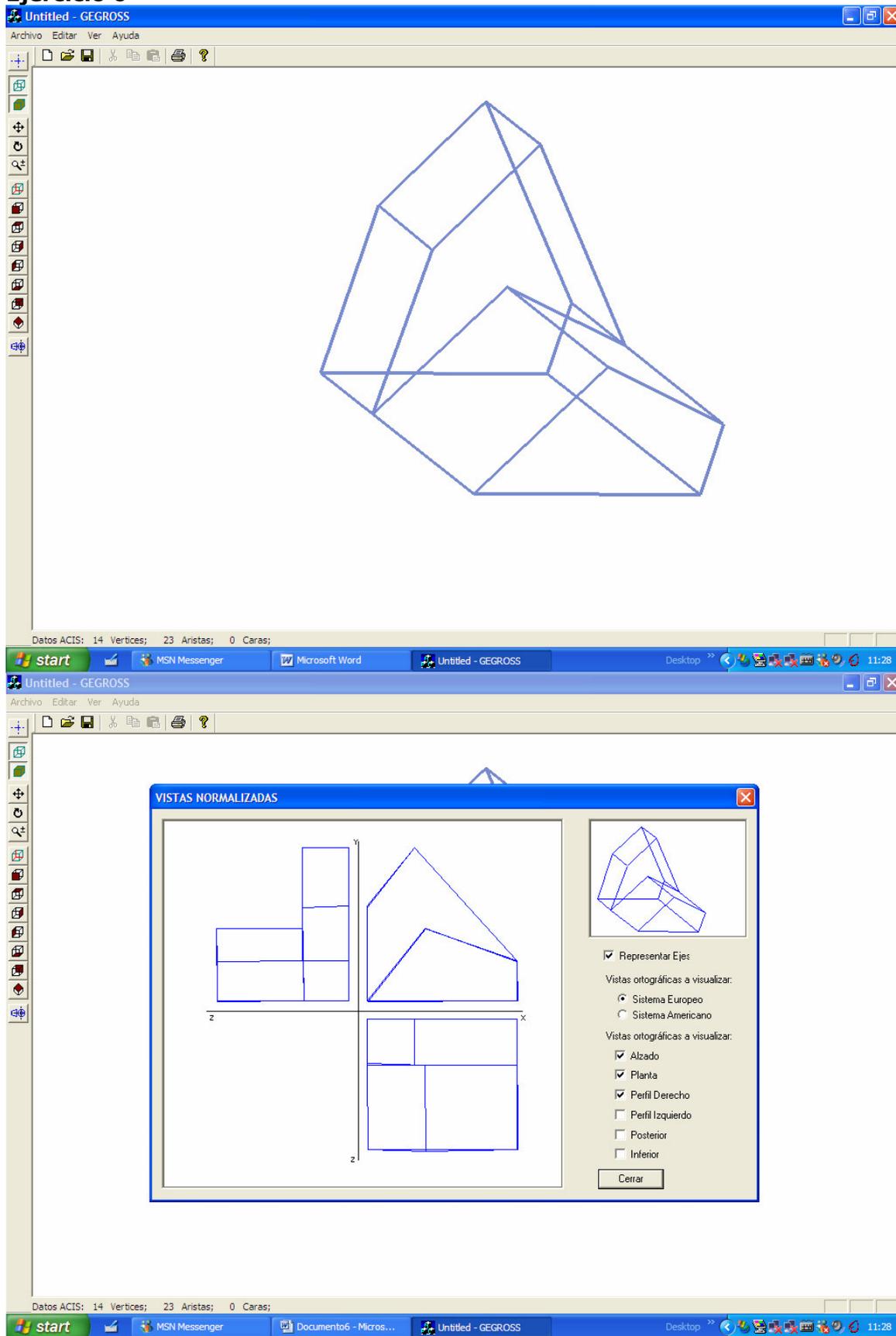


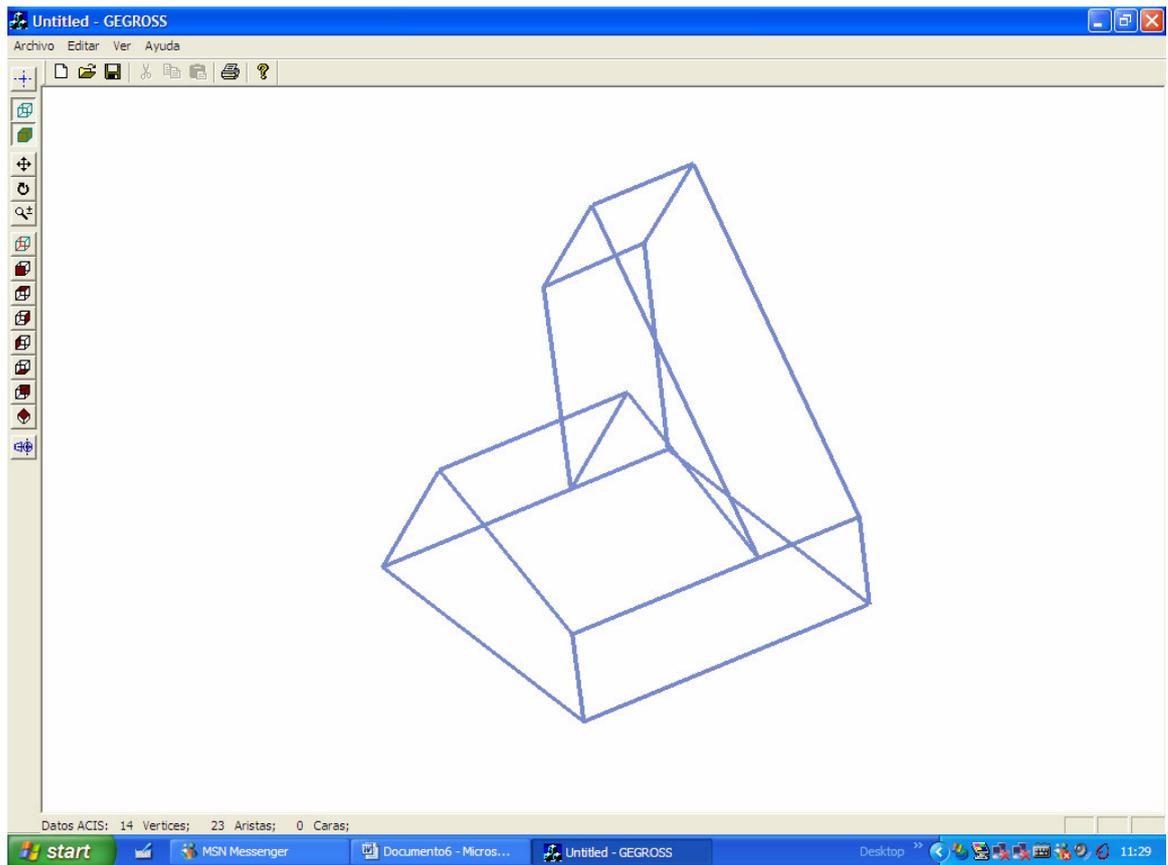
## Ejercicio 5



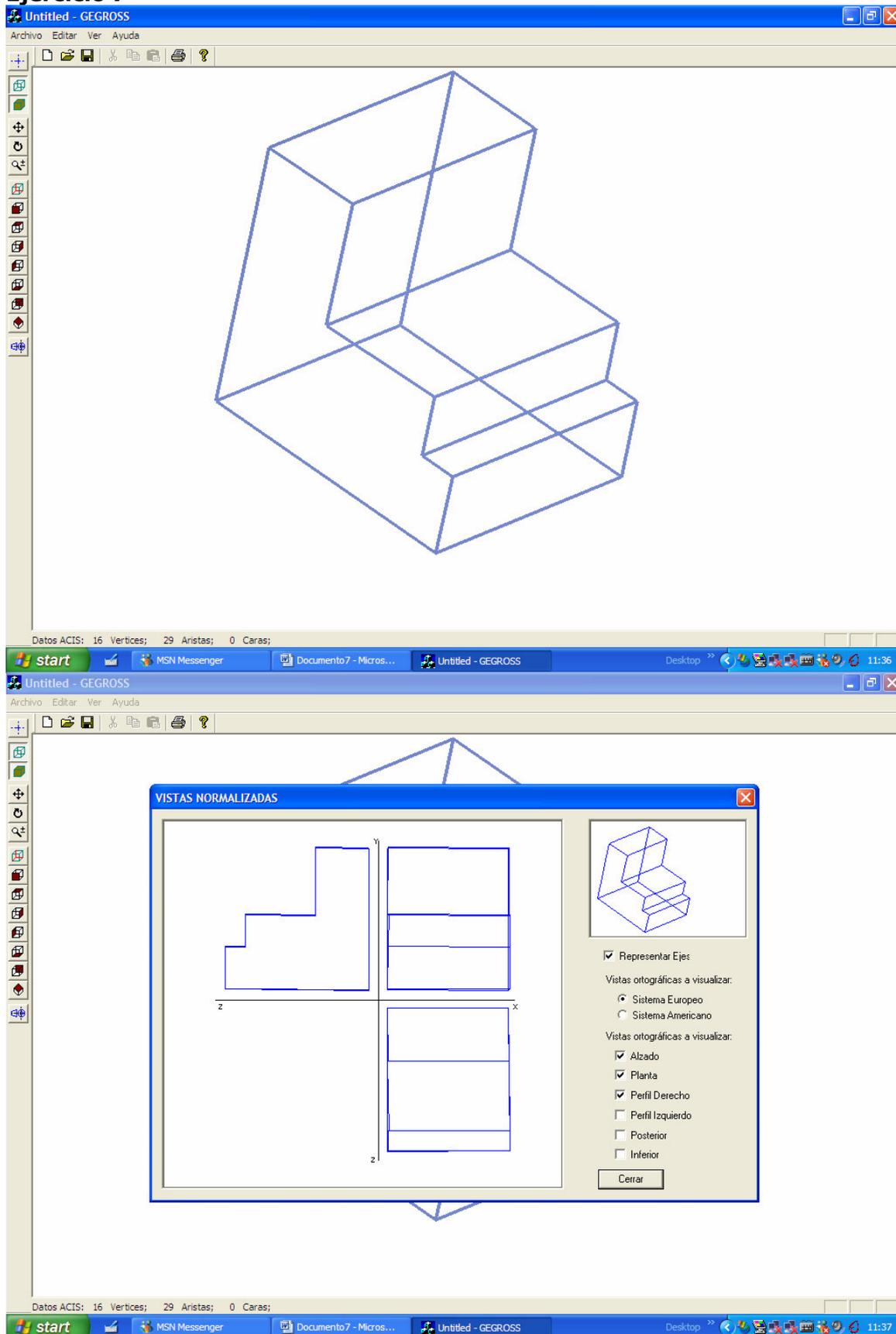


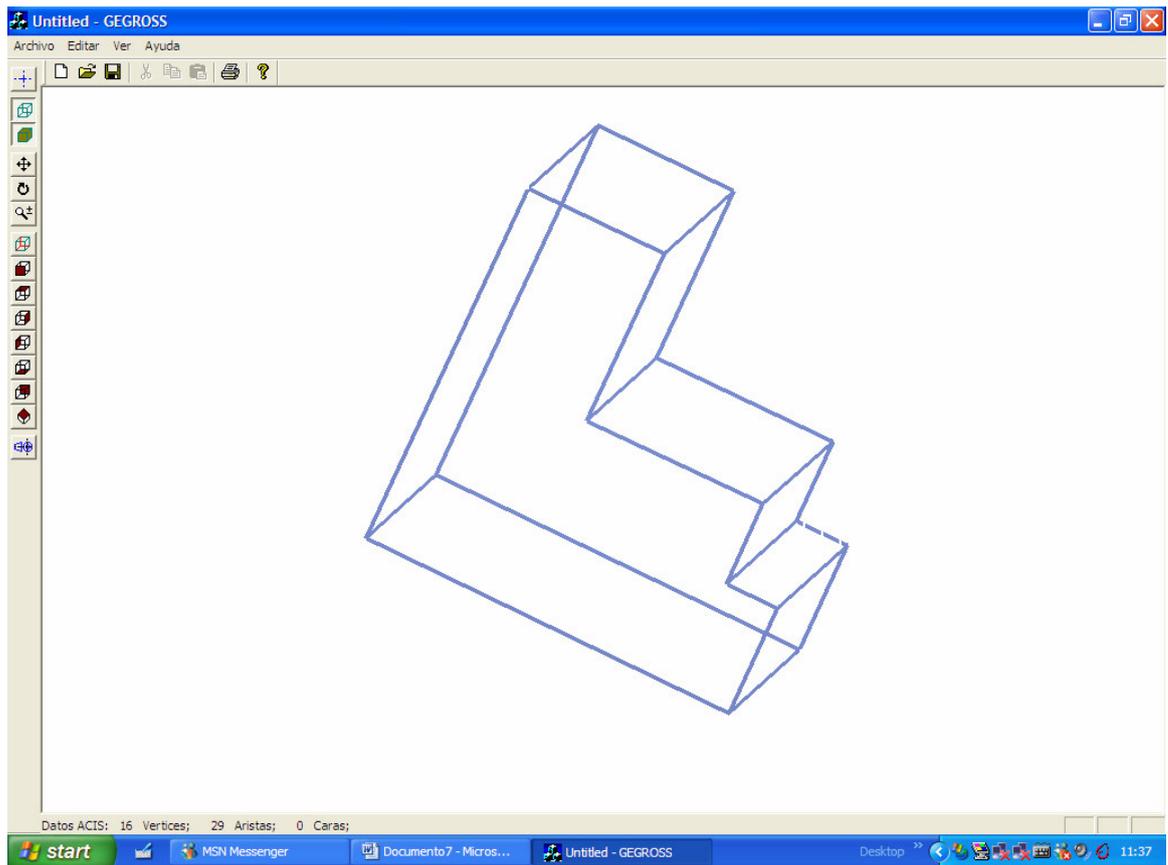
## Ejercicio 6



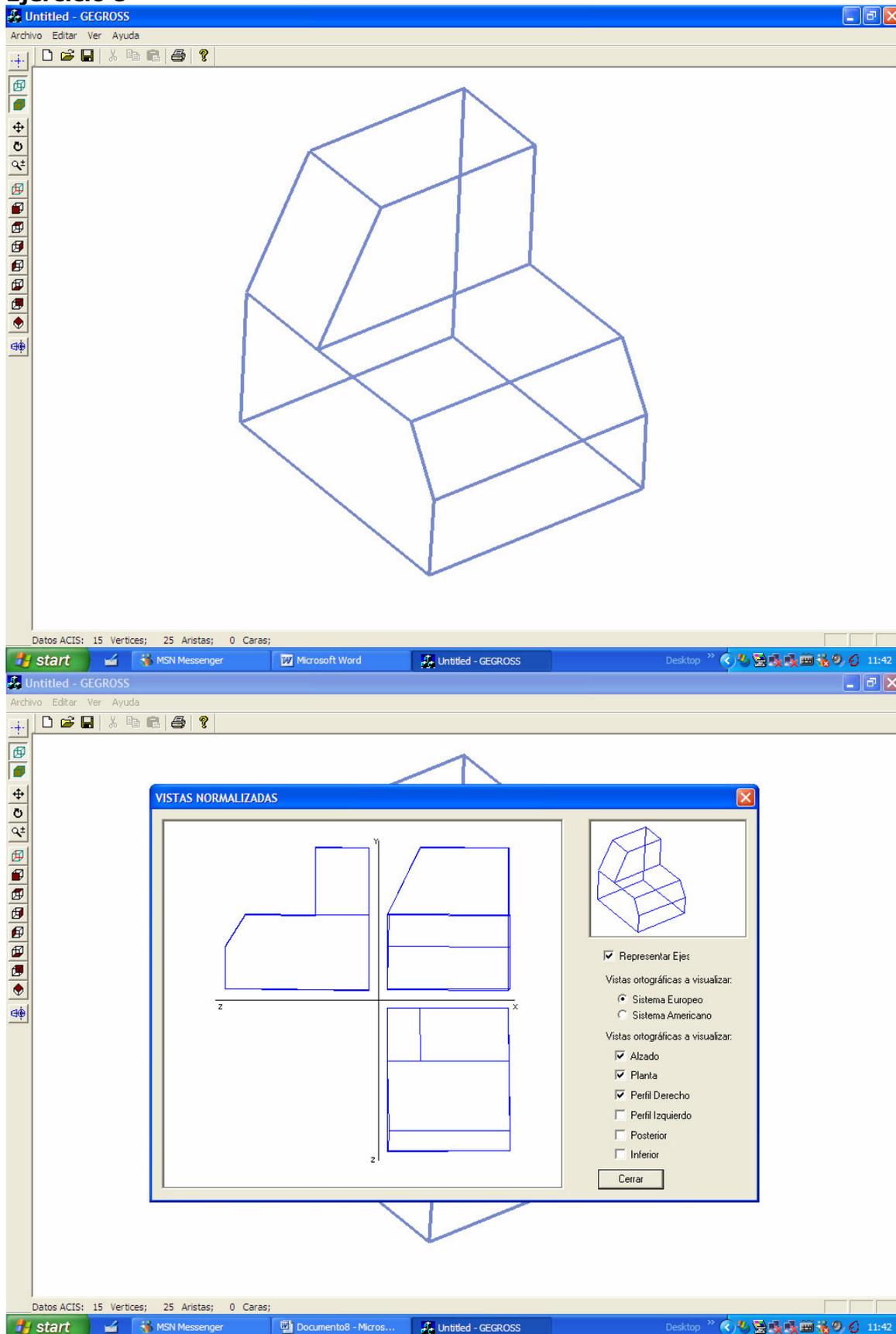


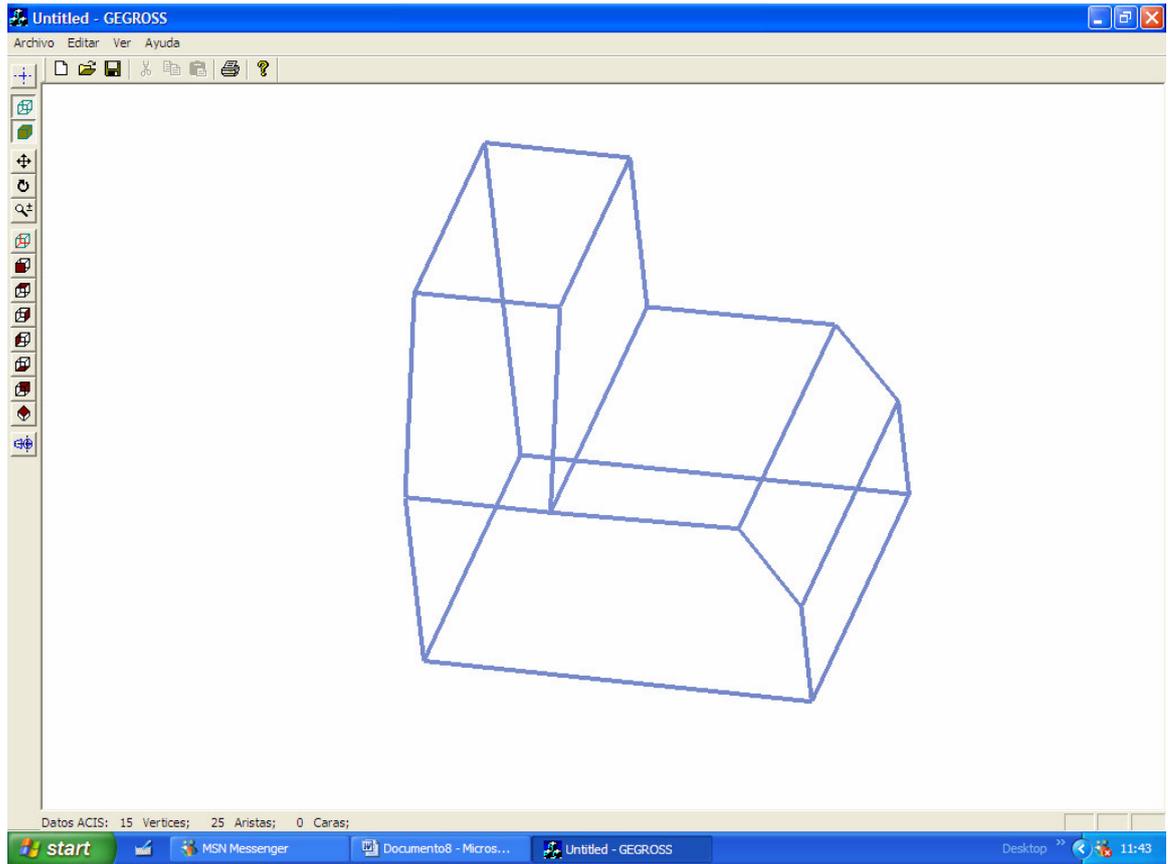
## Ejercicio 7



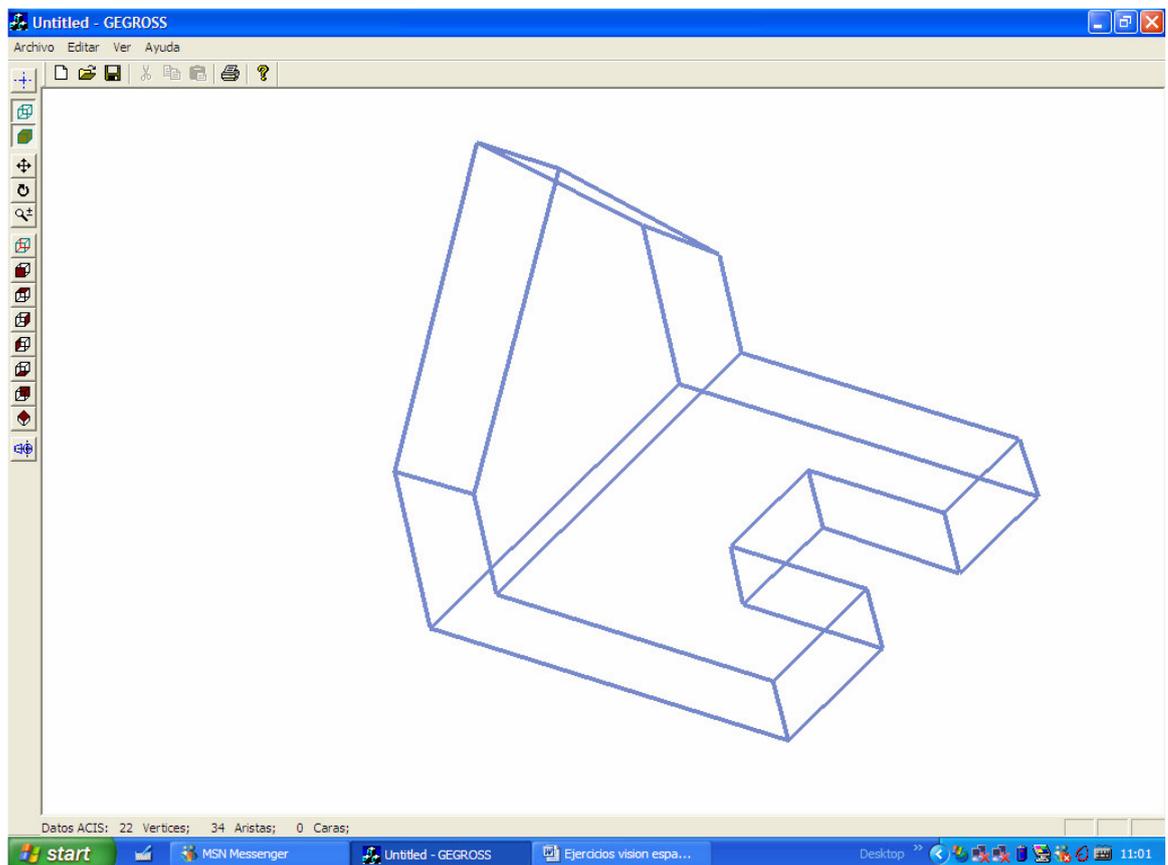
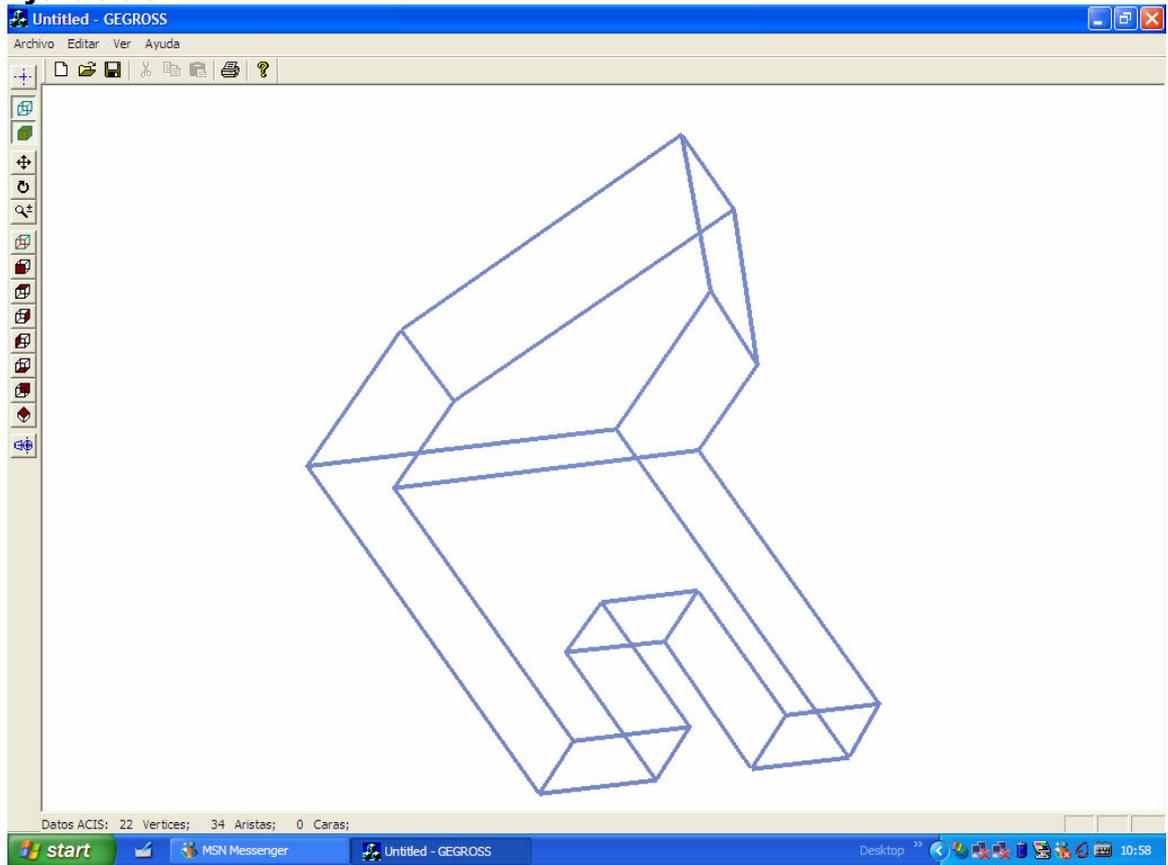


## Ejercicio 8

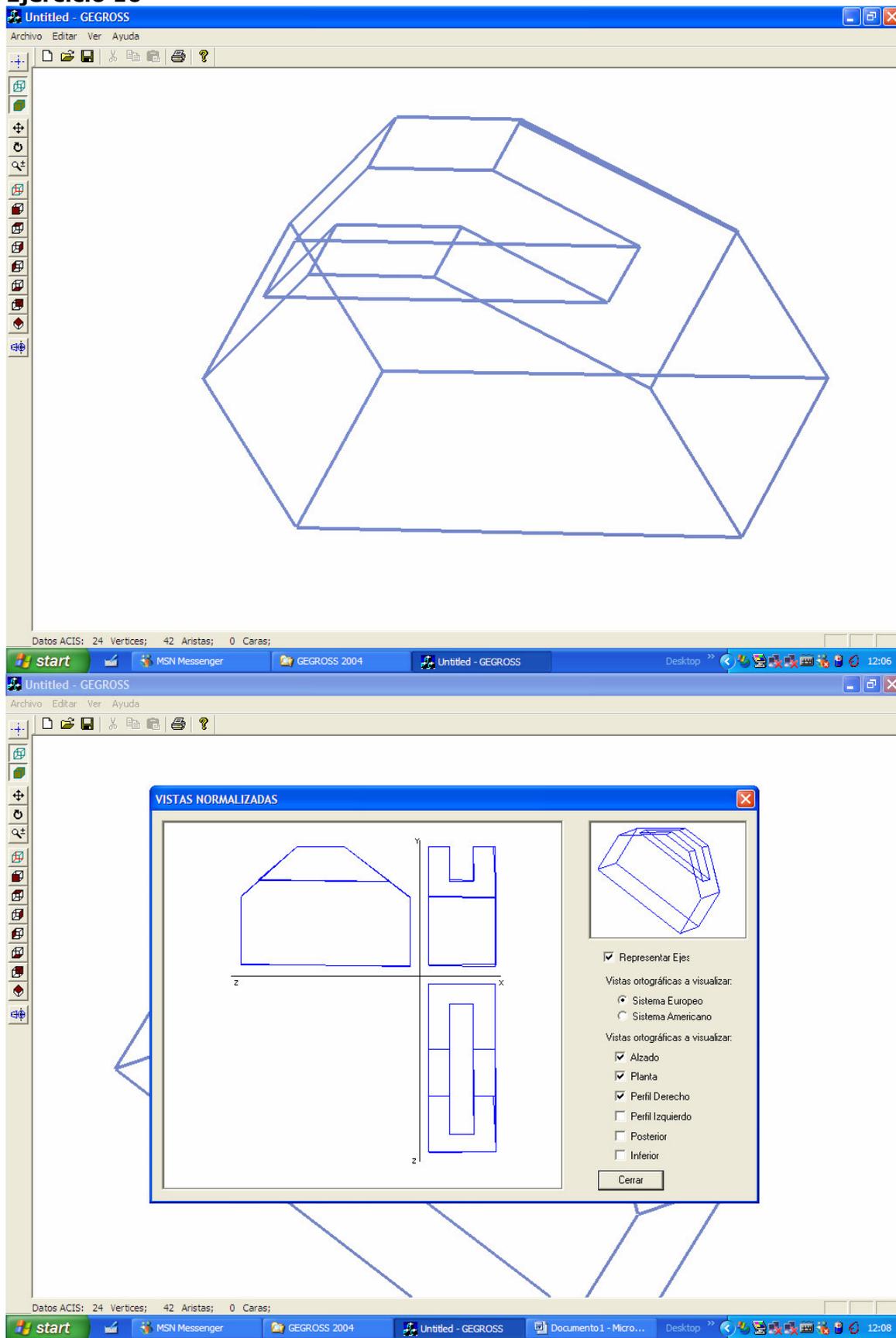




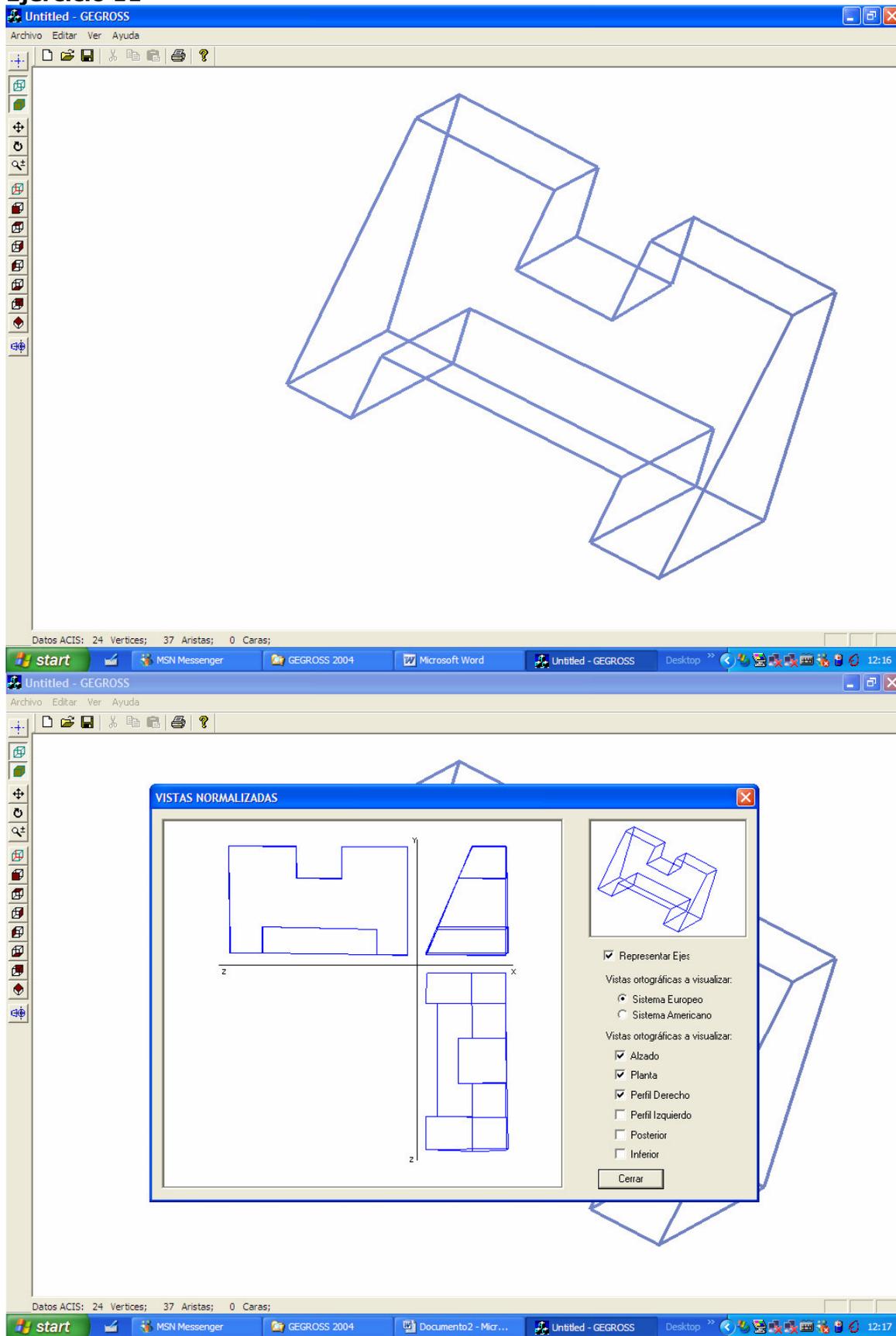
## Ejercicio 9



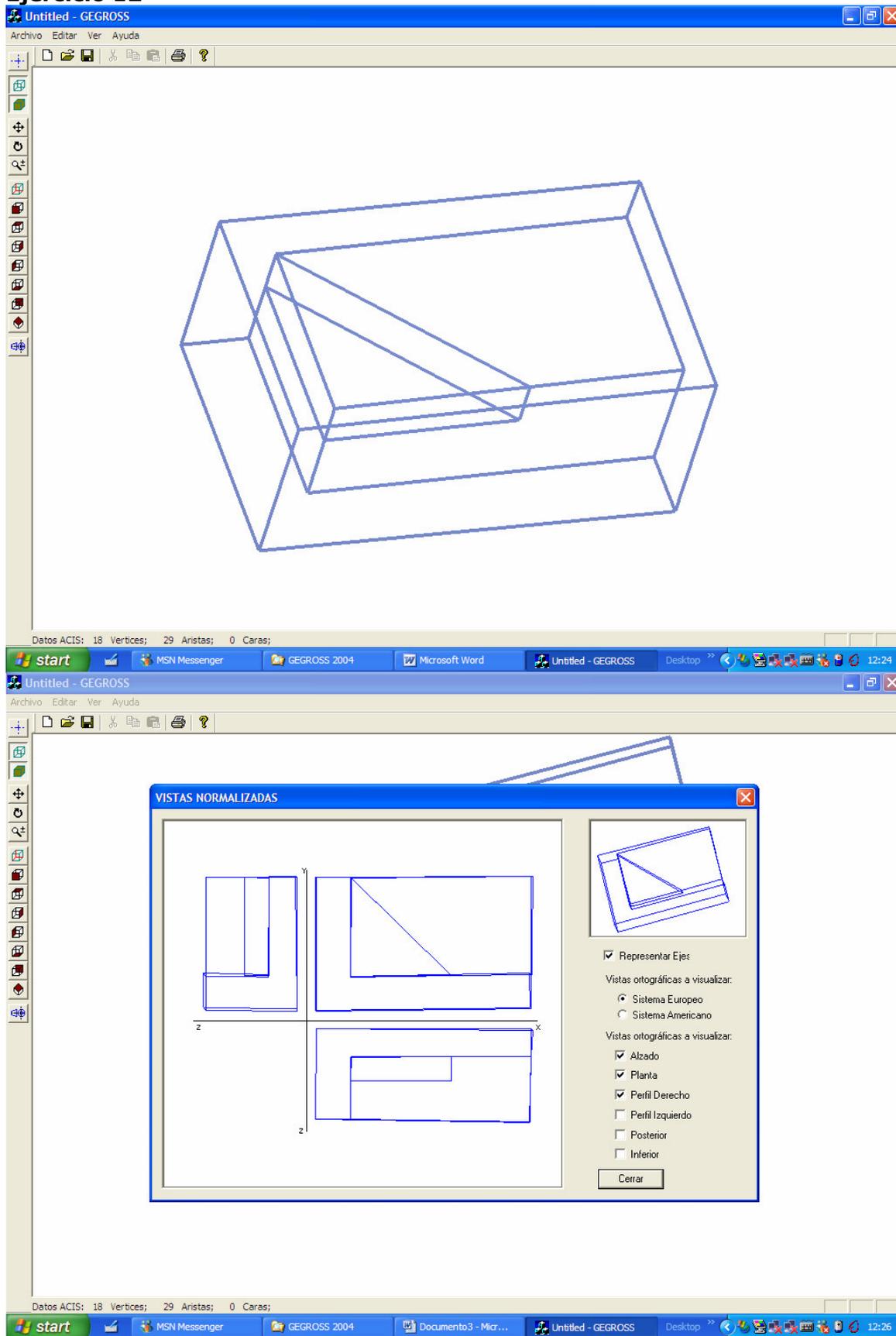
## Ejercicio 10



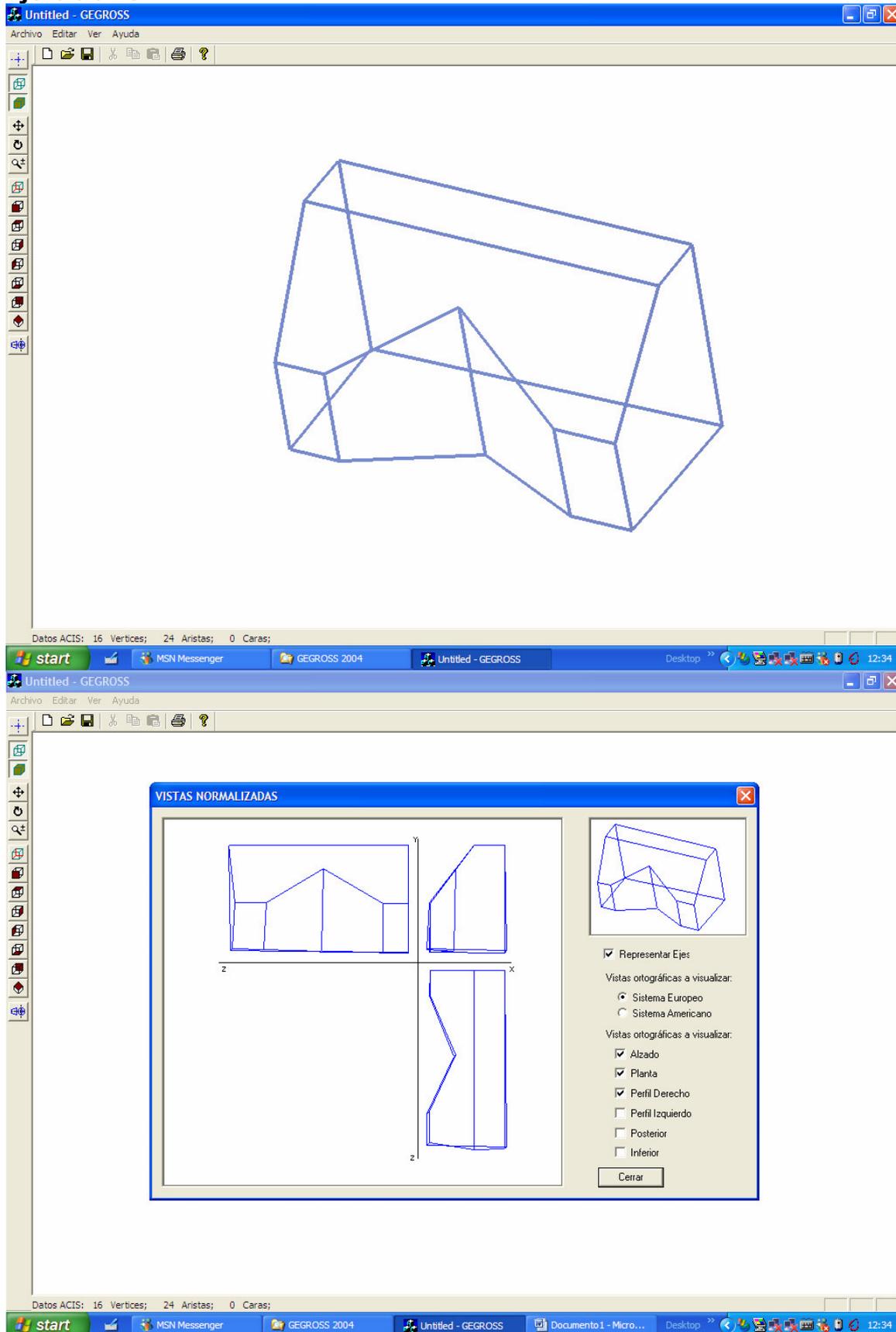
## Ejercicio 11



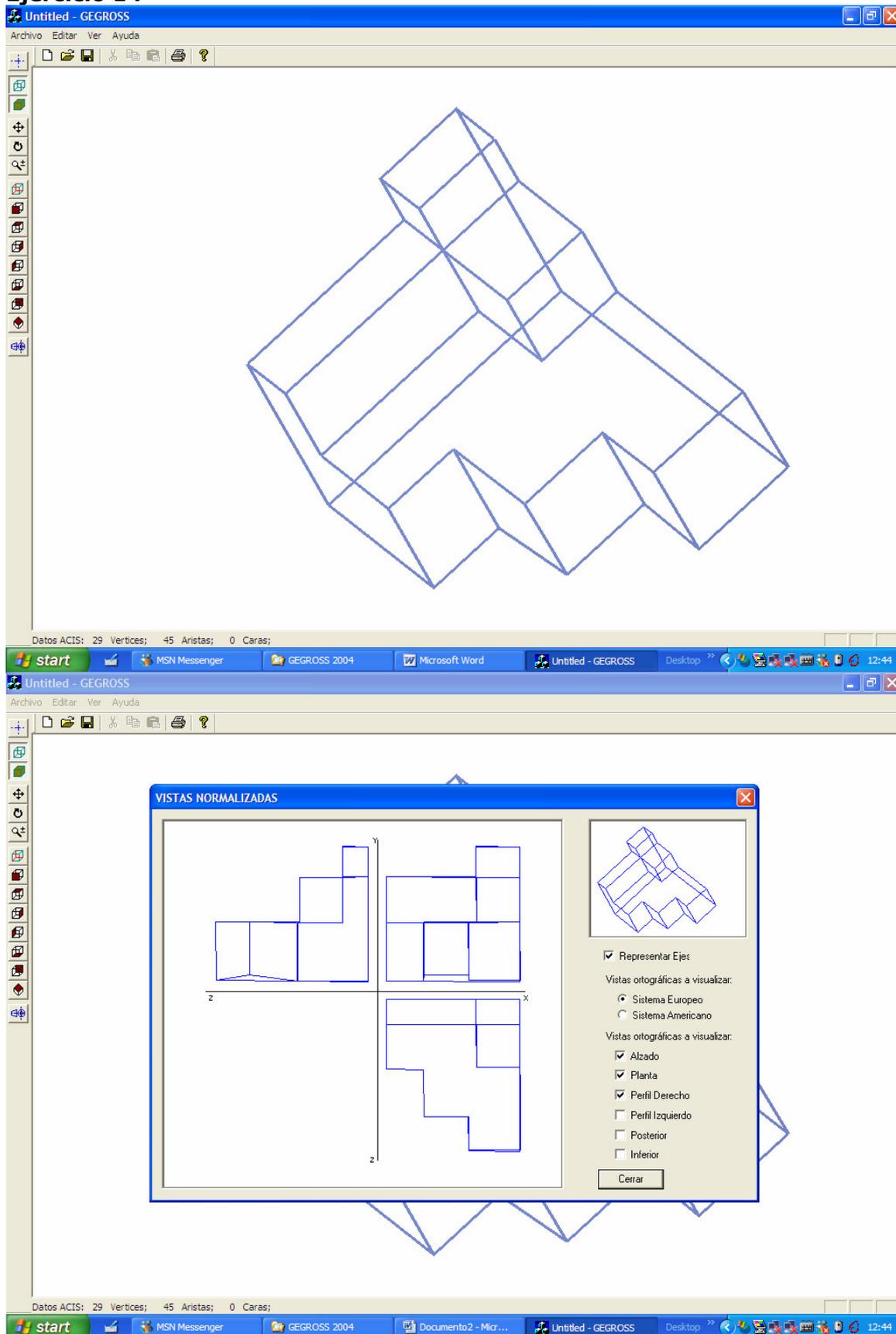
## Ejercicio 12



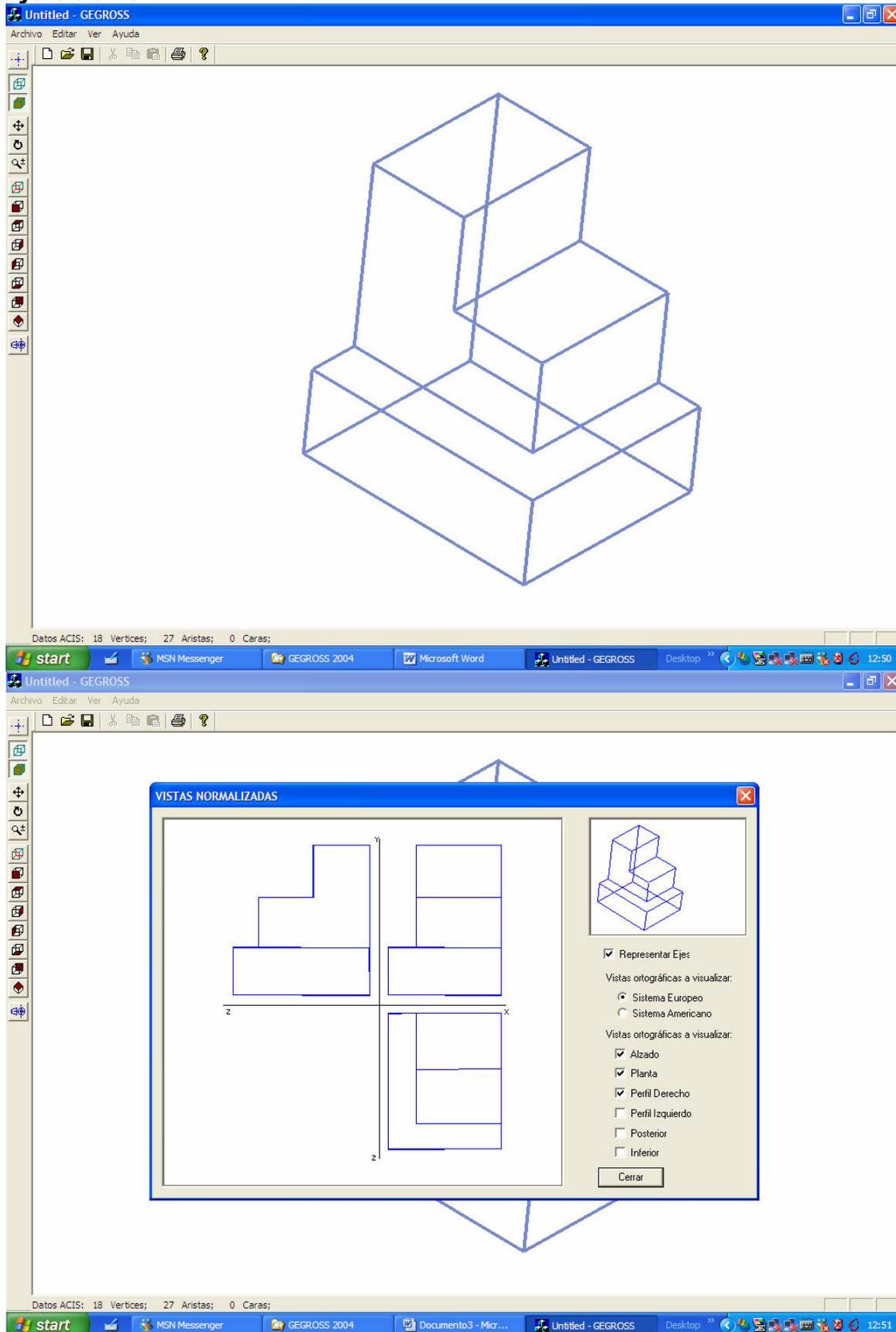
### Ejercicio 13



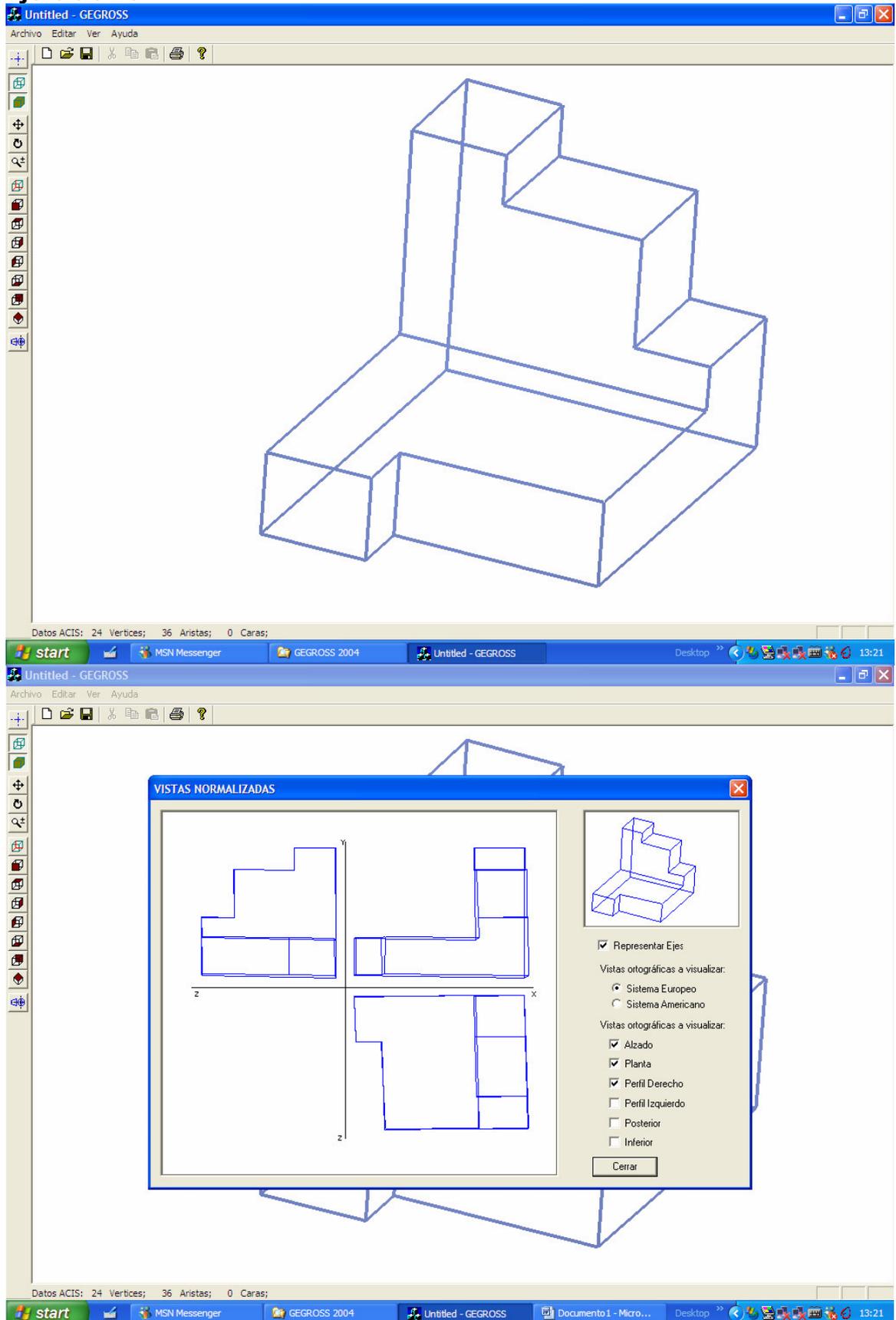
## Ejercicio 14



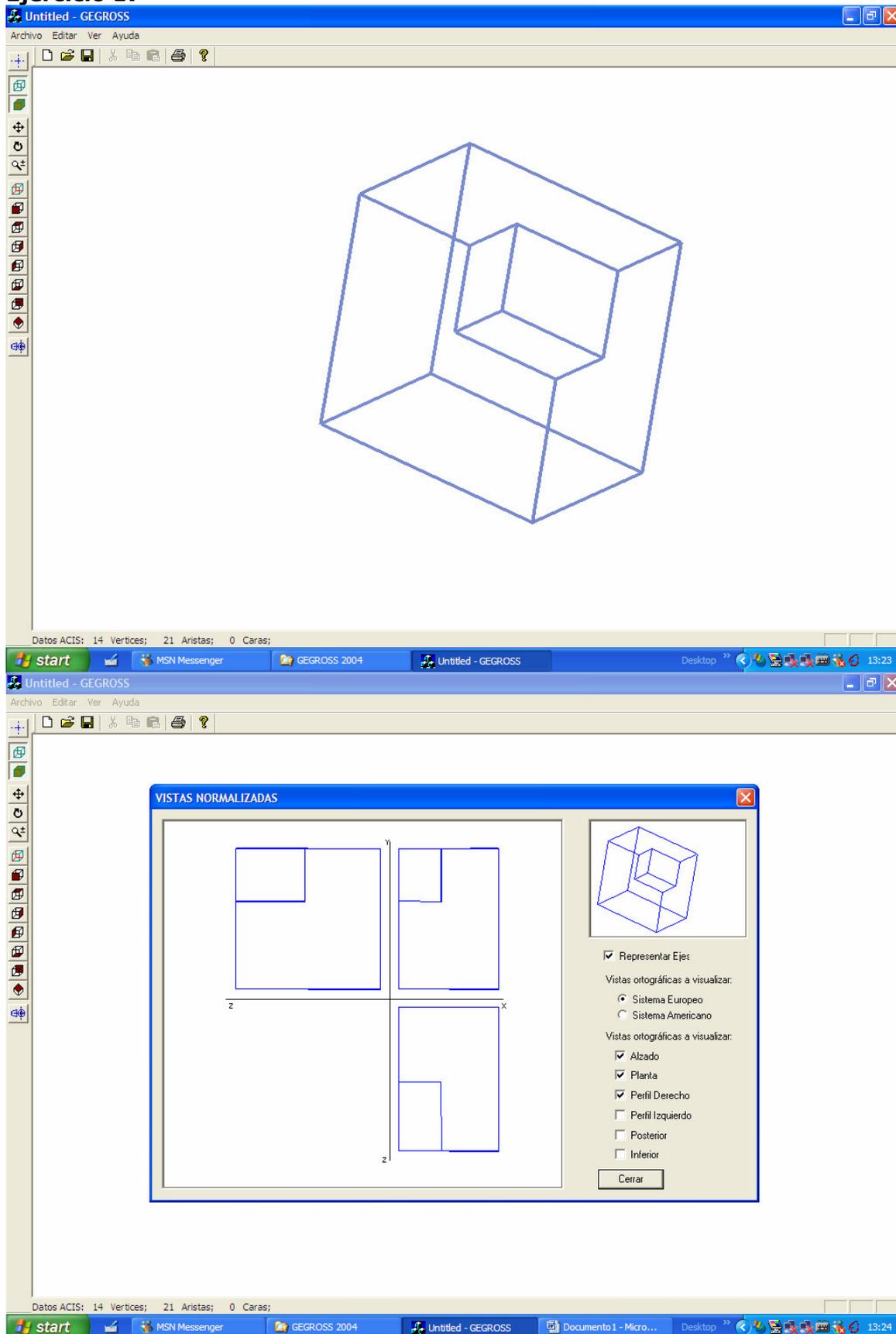
## Ejercicio 15



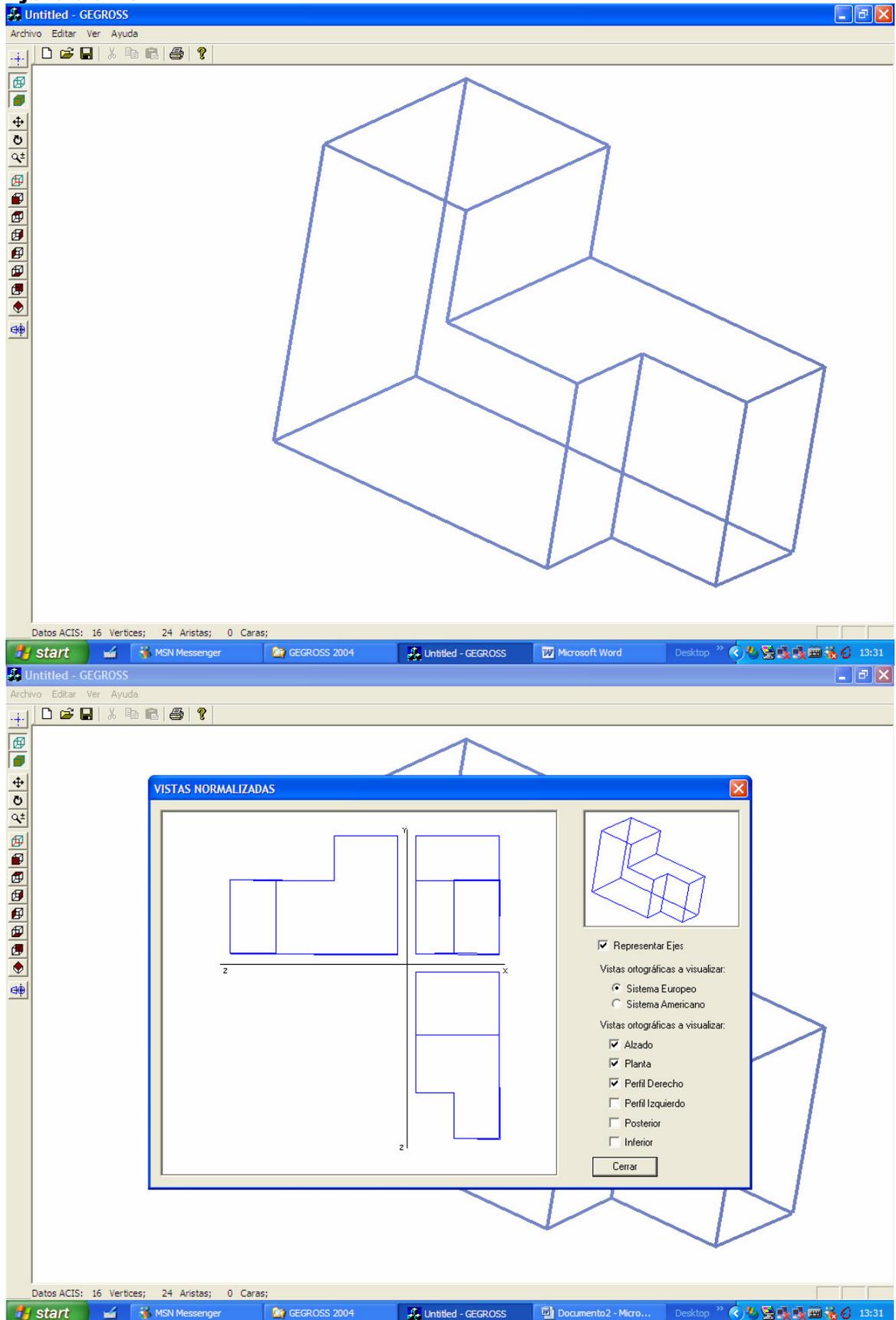
## Ejercicio 16



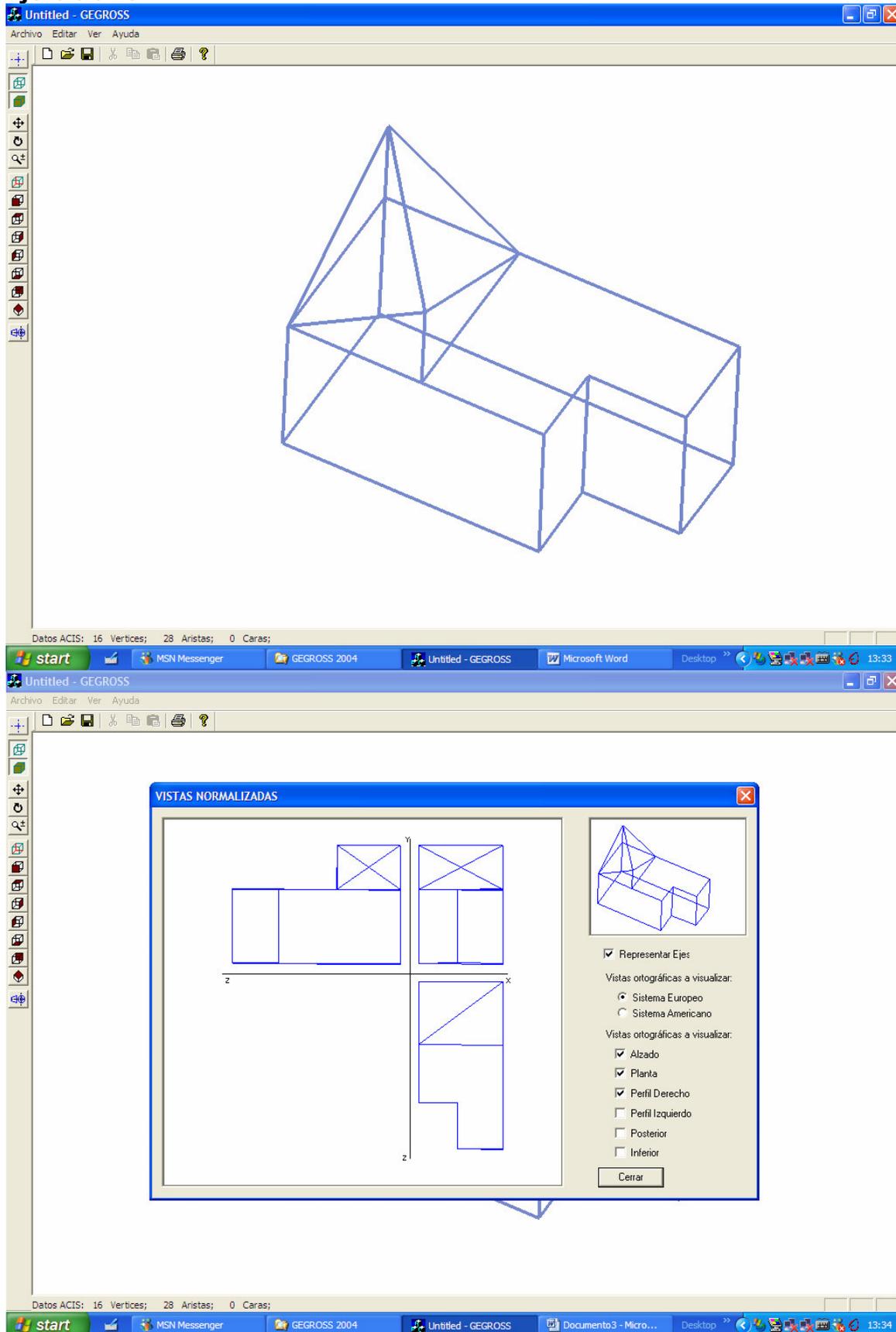
## Ejercicio 17



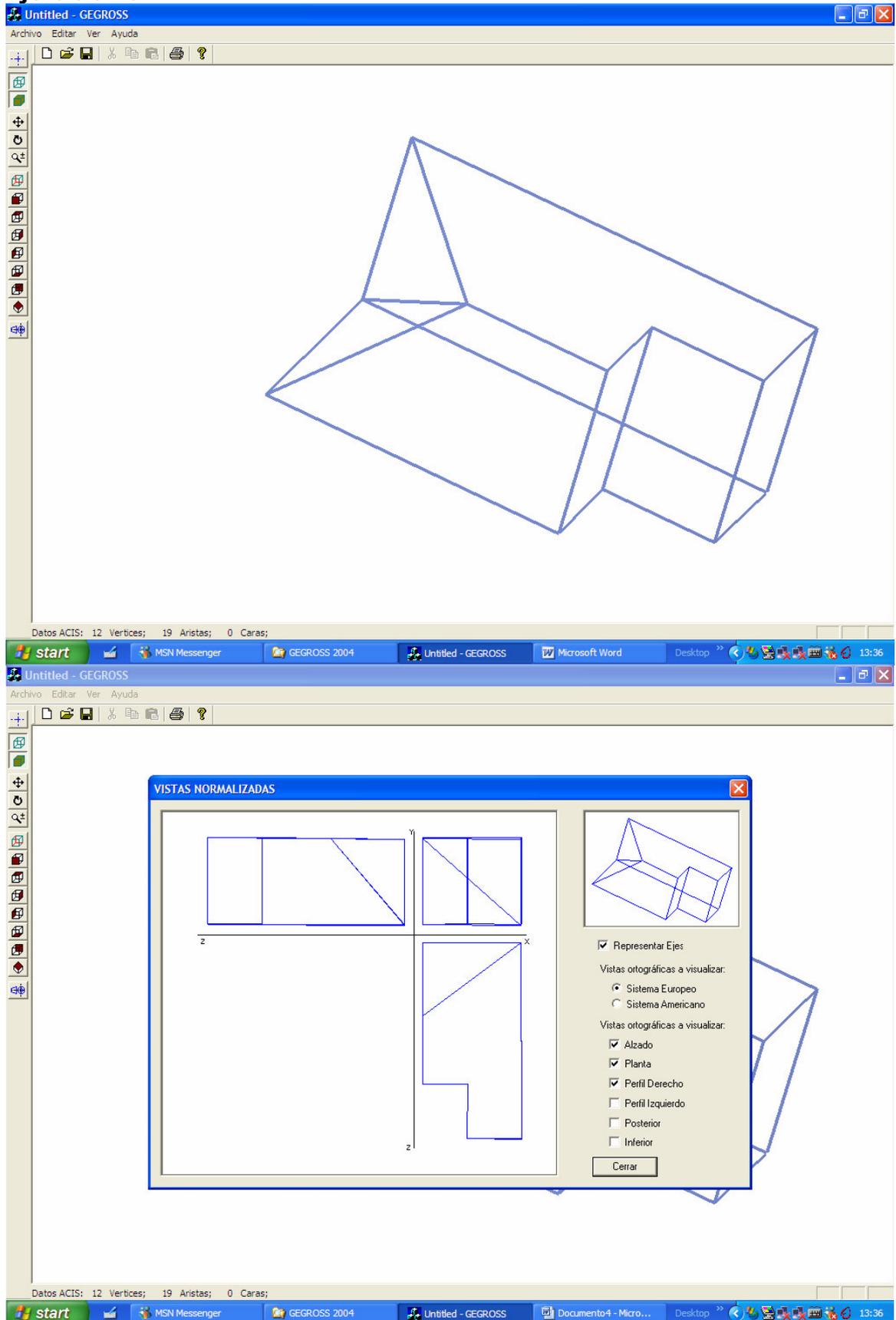
## Ejercicio 18



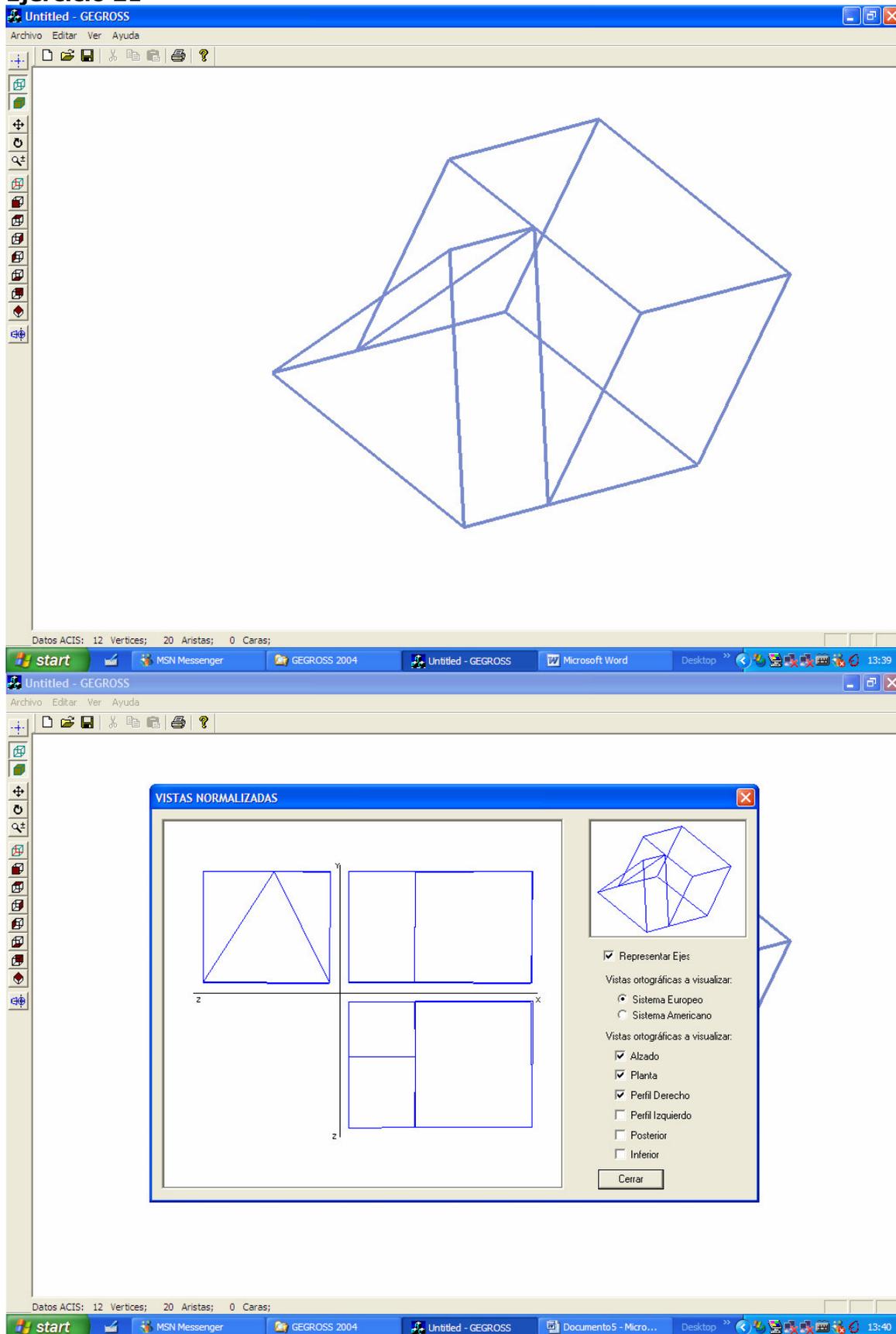
## Ejercicio 19



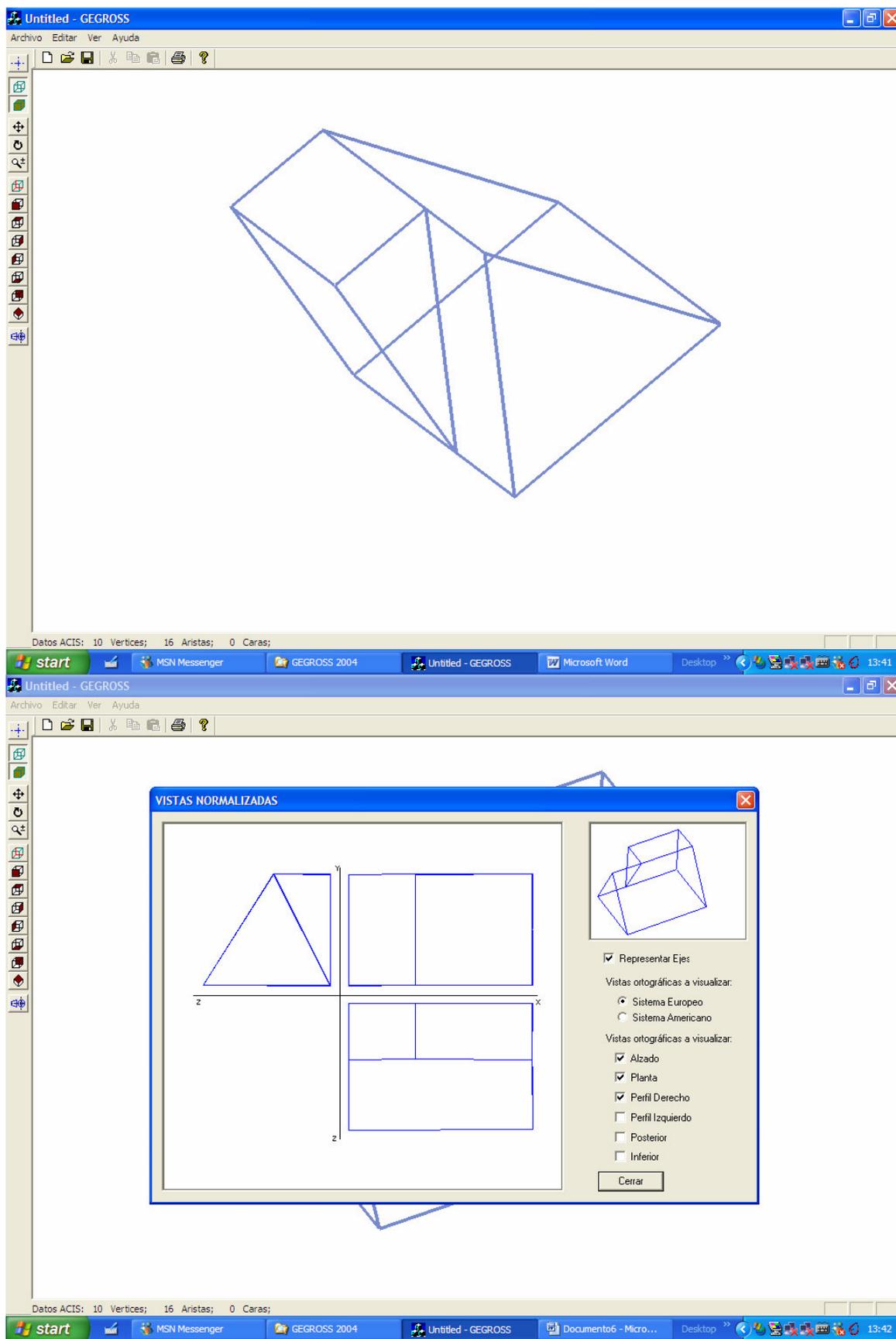
## Ejercicio 20



## Ejercicio 21



## Ejercicio 22



## **Anexo V.- Programas de las asignaturas de Expresión Gráfica de la Universidad de La Laguna**

Asignatura	Código	Nombre de la Asignatura	
	0831112	<b>EXPRESIÓN GRÁFICA Y DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR</b>	
	<b>Curso:</b> 1º Ingeniería Técnica Industrial (Especialidad Electrónica) <b>Tipo de asignatura:</b> Troncal, 7,5 créditos (3 teóricos y 4,5 prácticos) <b>Cuatrimestre:</b> 1º		
Docencia Profesorado	Departamento y Datos del Profesorado		Teléfono
1. Propósito 2. Requisitos 3. Evaluación	1. La Expresión Gráfica es una asignatura que trata de formar al ingeniero en la transmisión de información a través de los planos de dibujo. De una forma muy resumida los objetivos a alcanzar en esta asignatura se pueden concretar en los siguientes: Alcanzar el dominio de la visión espacial ligada a la ingeniería y su construcción, en sus diferentes escalas y ámbitos de actuación. Alcanzar la destreza necesaria en el manejo de los medios y técnicas gráficas que requiere la expresión de los proyectos de ingeniería, desde su fase de ideación hasta la redacción de los documentos contractuales. Saber representar cualquier objeto o superficie en cualquier sistema de representación y con los medios disponibles. Introducir al alumno en los programas de diseño asistido por ordenador.		
	2.-		
	3. Se realizará un único examen de acuerdo a las fechas de las convocatorias. Así mismo durante el curso se realizará ejercicios que se entregarán antes del examen. Dicho encarpetao de prácticas será obligatorio. La Nota final de la asignatura estará compuesta por: 60% Nota del examen y un 40% Nota de prácticas. La realización del encarpetao es obligatoria. La composición de la nota de prácticas vendrá dada por: (Los porcentajes son provisionales) Asistencia a prácticas (>80%) y firma de láminas diarias 30%. Entrega de láminas y pruebas practicas durante el curso 30%. Entrega obligatoria del encarpetao 20%. y Examen de CAD 20%.		
Temario	<b>Teórico.</b> 01.- Introducción a la normalización. 02.- Sistemas de Representación 03.- Sistema Axonométrico. Subsistema Isométrico 04.- Sistema Diédrico. Vistas Normalizadas 05.- Sistema Diédrico directo 06.- Croquización. Trazado a mano libre 07.- Acotación 08.- Cortes y secciones 10.- Diagramas, Esquemas y Planos 11.- Geometría básica aplicada 12.- Curvas Técnicas, Geometría en 3D 13.- Diseño Asistido por Ordenador		<b>Práctico (Aula de informática de la Facultad de Química)</b>  Practicas relacionadas con el temario.

Asignatura	Código	Nombre de la Asignatura	
	<b>290821010</b>	<b>EXPRESIÓN GRÁFICA Y DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR</b>	
Docencia Profesorado	<b>Titulación:</b> Ingeniería Técnica Industrial Especialidad Mecánica <b>Curso:</b> PRIMERO <b>Tipo de asignatura:</b> TRONCAL: 12 créditos (6T y 6P) <b>Cuatrimestre:</b> ANUAL		
	Departamento y Datos del Profesorado	Teléfono	Correo electrónico
1.Propósito 2.Requisitos 3.Evaluación	<b>1. Propósitos.</b>  Aprender a visualizar y comunicar ideas. -Desarrollar las facultades mentales tanto espaciales como inventivas. -Aportar las técnicas necesarias para la representación de objetos tridimensionales en 2 Dimensiones . -Capacitar por tanto para transmitir resultados y para ser capaz de entenderlos. Para ello hay que llegar a conocer las dos partes en que podemos dividir la asignatura: Conocimientos de los sistemas y técnicas de representación. Conocimiento de las normas y convencionalismos usados en la ingeniería. Además de conocer las normas que afectan a nuestra asignatura, introducir en la localización y manejo de las normas. -Introducir al alumno en los programas de dibujo asistido por ordenador.		
	<b>2. Requisitos.</b>  Se recomienda haber cursado la asignatura de dibujo de bachillerato.		
	<b>3. Forma de Evaluación:</b>  La evaluación será continua para lo cual se utilizarán las prácticas semanales realizadas. Se Realizará un parcial en el mes de Febrero como eliminatorio de materia. Se realizará mediante examen práctico. En convocatoria se examina de todo en caso de no haber superado el examen de febrero.  El manejo de las herramientas informáticas se evaluará mediante examen práctico en el aula de DAO. Para superar la asignatura es necesario realizar los trabajos que se indiquen a lo largo del curso, incluso la entrega del proyecto fin de asignatura que se haya marcado.		

Temario	<p><b>Contenidos:</b></p> <p><u><a href="#">UD1- NORMALIZACION Y TECNICAS DE REPRESENTACION.</a></u>  <b>TEMA 1.- INTRODUCCION A LA NORMALIZACION.</b>  <b>TEMA 2.- DIBUJO INDUSTRIAL. PRINCIPIOS GENERALES DE REPRESENTACIÓN.</b></p> <p><u><a href="#">UD2- CONCEPCION ESPACIAL.</a></u>  <b>TEMA 3.- GEOMETRIA BASICA APLICADA. CURVAS CÓNICAS. REPRESENTACIÓN DE OBJETOS</b>  <b>TEMA 4.- AXONOMETRIA ORTOGONAL</b>  <b>TEMA 5.- SISTEMA DE PLANOS ACOTADOS.</b>  <b>TEMA 6.- SISTEMA DIÉDRICO.</b>          ALFABETO DEL PUNTO, RECTA Y PLANO. SITUACIÓN DE LA RECTA Y EL PUNTO EN EL PLANO.          INTERSECCIONES. PARALELISMO Y PERPENDICULARIDAD ENTRE RECTAS Y PLANO. DISTANCIAS.          REPRESENTACION DE CUERPOS. SECCIONES Y DESARROLLOS.</p> <p><u><a href="#">UD3- FUNDAMENTOS DE DISEÑO INDUSTRIAL.</a></u></p> <p><b>TEMA 7.- REPRESENTACION NORMALIZADA DE ELEMENTOS INDUSTRIALES.</b>          ROSCAS, TORNILLOS, TUERCAS, PERNOS, PASADORES</p> <p><b>TEMA 8.- MECANISMOS DE TRANSFORMACION DE GIRO /// ENGRANAJES.</b>          1.- ENGRANAJES. TIPOS DE ENGRANAJES. 2.-ENGRANAJES CILINDRICOS RECTOS.          3.- ENGRANAJES CILINDRICOS HELICOIDALES. 4.- TORNILLO SIN FIN Y CORONA.          5.- ENGRANAJES CONICOS. 6.- PIÑÓN Y CREMALLERA.</p> <p><b>TEMA 9.-REPRESENTACION DE ENGRANAJES:</b>          1.- RUEDAS AISLADAS. 2.- DIBUJOS DE CONJUNTO. 3.- LOS ENGRANAJES CILINDRICOS          HELICOIDALES. 4.- TORNILLOS SIN FIN Y CORONA. 5.- ENGRANAJES CONICOS.          6.-CREMALLERAS. 7.- CABLES. CORREAS. CADENAS</p> <p><b>TEMA 10. SOLDADURA.</b>          1.- REPRESENTACION GRAFICA. 2.- REPRESENTACION SIMBOLICA. 3.- DESIGNACION DE LAS          UNIONES SOLDADAS. 4.- ACOTACION DE LOS CORDONES DE SOLDADURA.</p> <p><b>TEMA 11. UNIONES REMACHADAS Y MUELLES. ( UNE 1-042)</b>          1.- REPRESENTACION GRAFICA. 2.- REPRESENTACION SIMBOLICA. 3.- RESORTES DE COMPRESION.          4.- RESORTE DE TRACCION. 5.- RESORTES DE TORSION. 6.- RESORTES DE LÁMINAS. BALLESTAS. 7.-          RESORTES EN ESPIRAL.</p> <p><b>TEMA 12. TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS Y DIMENSIONALES.</b></p> <p><b>TEMA 13. DIBUJO INDUSTRIAL. PLANOS DE CONJUNTO Y PLANOS DE DESPIECE.</b>          1.- PLANOS DE CONJUNTO. MARCADO DE PIEZAS. LISTA DE ELEMENTOS.          2.- PLANOS DE DESPIECE. NUMERACION DE LOS PLANOS.</p> <p><b>TEMA 14. DESIGNACION DE MATERIALES.</b>          1.- DESIGNACION NUMERICA. 2.- DESIGNACION SIMBOLICA.</p> <p><b>TEMA 15.- FUNDAMENTOS DEL DISEÑO INDUSTRIAL</b>          1.- Análisis e interpretación de planos industriales. 2.-Expresión Gráfica de las Estructuras de Hormigón. 3.-          Expresión Gráfica de las Estructuras Metálicas. 4.- Expresión Gráfica de las Estructuras de Madera. 5.-          Detalles constructivos y normas técnicas. 6.- Diseño Industrial. Técnicas de Diseño.</p> <p><u><a href="#">UD4- DIBUJO ASISTIDO POR ORDENADOR.</a></u>  <b>TEMA 16.- INTRODUCCION AL CAD</b>  <b>TEMA 17.- HARDWARE Y SOFTWARE CAD /CAM.</b>  <b>TEMA 18.- MODELOS ALAMBRICOS.</b>  <b>TEMA 19.- MODELADO SUPERFICIES.</b>  <b>TEMA 20.- PROCESOS DE TRABAJO EN CAD.</b>  <b>TEMA 21.- SISTEMAS INTEGRADOS POR CAD</b></p>
---------	---

<b>Bibliografía</b>	<b>Bibliografía básica:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-González Monsalve; Palencia Cortes.(1989). Trazado Geométrico.</li><li>-Izquierdo Asensi.F (1996). Geometría Descriptiva.</li><li>-Rodríguez de Abajo. Geometría Descriptiva. Sistema Diédrico.</li><li>-AENOR-NORMAS UNE sobre Dibujo Técnico.</li><li>-J.L. Pérez Díaz; S. Palacios Cuenca. Expresión Gráfica en La Ingeniería.</li><li>-Jesús Félez. Fundamentos de La Ingeniería Gráfica.</li><li>-Jesús Félez. Dibujo Industrial.</li><li>-José Ignacio Rojas Sola; Miguel Ángel Rubio Paramio. Diseño Asistido por Ordenador.</li><li>- Cros-Ferrándiz Autocad 2005 Practico. Ed. Infobook´s</li><li>- Cros-Ferrandiz Autocad 2004 Practico. Ed. Infobook´s</li><li>- Autocad Practico Volumen I y II Ed. Donostiarra.</li></ul>
<b>Obs.</b>	<b>El orden de los temas puede ser alterado, en función de los contenidos a desarrollar en prácticas.</b>

Curso	2005 - 2006	<b>FACULTAD DE QUÍMICA</b>	
	<b>TITULACIÓN</b>	Ingeniero Químico	
	<b>Departamento/os:</b>	Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería	
Asignatura	<b>Código</b>	<b>Nombre de la Asignatura</b>	
		EXPRESIÓN GRAFICA	
	<b>Prerrequisitos</b>		
	<b>Correquisitos</b>		
	<b>Curso:</b> 2º <b>Tipo de asignatura:</b> Troncal <b>Cuatrimestre:</b> 1C		
Profesorado y Horarios de Docencia			
Dinámica de la asignatura	<p><b>Objetivos.-</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-<b>Preparar</b> al alumno para la toma de decisiones profesionales mediante el estudio de datos obtenidos por la combinación del lenguaje gráfico y lenguaje escrito.</li> <li>-<b>Preparar</b> al alumno para reflejar de forma correcta decisiones profesionales, mediante el estudio de datos obtenidos por la combinación del lenguaje gráfico y lenguaje escrito.</li> <li>-<b>Conocer</b> y utilizar el lenguaje grafico como medio de comunicación interdisciplinar.</li> <li>-<b>Capacitación</b> y dominio del lenguaje grafico que permita al alumno realizar e interpretar las representaciones graficas necesarias para su actividad profesional. Estas representaciones será capaz de hacerlas tanto delineadas como croquizadas, de acuerdo a Normas.</li> </ul>		
Dinámica de la asignatura	<p><b>Metodología.-</b></p> <p><b>Teoría:</b> Clases magistrales con apoyo de diversos recursos didácticos ( Transparencias, Video-proyector...)</p> <p><b>Practica:</b> ejercicios de aplicación de la teoría.</p>		
Dinámica de la asignatura	<p><b>Evaluación.-</b></p> <p>-La evaluación de la asignatura será continua, dándose especial importancia a la asistencia y participación en las clases prácticas. Examen y entrega de las prácticas del curso</p>		

Contenidos y Bibliografía	<p><b>Programa.-</b></p> <p><b>Introducción a Normalización en Dibujo Técnico</b>                  Tipos de dibujos técnicos. Formatos de papel. Elementos que componen un dibujo técnico. Clases y grupos de líneas. Normas a tener en cuenta en la utilización de las líneas.</p> <p><b>Geometría Básica Aplicada</b>                  Operaciones con segmentos. Operaciones con ángulos. Escala gráfica. Resolución de escalas, métodos gráfico y analítico. Triángulo universal de escalas. Escala transversal.</p> <p><b>Trazado Geométrico: Curvas Cónicas</b>                  Circunferencias, división, rectificación, tangencias. Trazado de óvalos, aplicación. Trazado de cónicas simples: elipses, hipérbolas y parábolas. Diversas formas de construcción. Tangentes y normales a una elipse</p> <p><b>Representación de Objetos</b>                  Sistemas de representación. Representación de un objeto mediante sus proyecciones ortogonales. Vistas normalizadas: posición relativa de las vistas. Sistemas Europeo y Americano. Vistas auxiliares</p> <p><b>Normas de Acotación</b>                  Normas de acotación: definición, líneas de cotas y auxiliares de cotas, signos de limitación. Cifra de cota. Reglas de acotado, cotas parciales y a origen. Acotado de piezas. Inscripción de las cotas. Inclusión de cotas y símbolos: radios, diámetros, esferas, ángulos, rayados, acotaciones especiales, signos indicadores de tolerancias y calidades de acabado, etc.</p> <p><b>Croquización</b>                  Croquización. Conceptos. Proporción en el croquis. Croquización de formas geométricas. Análisis de formas: medición y acotado. Ejecución de un croquis. Puesta a escala.</p> <p><b>Sistemas de representación</b>                  Sistema Axonométrico: Subsistema Isométrico.                  Sistema axométrico: fundamento y definiciones. Escalas gráficas de reducción.                  Sistema isométrico. Trazado de isometrías. Perspectivas isométricas de la circunferencia. Perspectiva caballera. Variantes de la perspectiva caballera. Trazado. Perspectiva caballera de una circunferencia.                  Sistema Axonométrico: Perspectiva Caballera                  Sistema axométrico: fundamento y definiciones. Escalas gráficas de reducción.                  Sistema isométrico. Trazado de isometrías. Perspectivas isométricas de la circunferencia. Perspectiva caballera. Variantes de la perspectiva caballera. Trazado. Perspectiva caballera de una circunferencia</p> <p><b>Cortes y Secciones</b>                  Definición. Normas de rayado. Tipos de cortes: Por un plano, por planos paralelos o corte quebrado, por planos sucesivos, por planos concurrentes, medios cortes o cortes al cuarto.</p> <p><b>Simplificación de Dibujos Técnicos: Diagramas y Planos</b>                  Simplificación de dibujos. Símbolos esquemáticos. Diagramas: de proceso, de flujo, de ingeniería. Normas de dibujo de los diagramas de flujo e ingeniería. Planos: Planos de tuberías e instrumentación. Tipos de planos de tuberías e instrumentación: Planos de distribución de áreas, planos de áreas y elevaciones, planos de isometrías. Plano de situación. Plano de emplazamiento Plano general de distribución. Plano de distribución en planta o alzado. Plano de isometría. Planos de instalaciones eléctricas y fluidos. Esquemas eléctricos.</p>
---------------------------	---

	<p><b>Bibliografía específica.-</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Rodriguez de Abajo-Alvarez Bengoa: "Curso de dibujo geométrico y croquización." Ed. Donostiarra.</li><li>- Rodriguez de Abajo-galarmaga astibia: "Normalización del dibujo industrial." Ed. Donostiarra.</li><li>- Felez-Martinez-cabanellas-carretero: "Fundamentos de ingeniería gráfica." Ed. Síntesis.</li><li>- HIDALGO DE CAVIEDES: "Dibujo técnico industrial." E.T.S.I.I. de Madrid.</li><li>- Aenor. "Manual de normas une sobre dibujo"</li><li>- Fernández Sora, ALBERTO,: "Expresión Gráfica." Mira Editores.</li><li>- Auria-Ibañez-ubieta: "Dibujo Industrial. Conjunto y Despiece" Ed PARANINFO.</li><li>-ramos barbero-garcia mates: "Dibujo Técnico". 2ª edición. AENOR</li><li>-NTE, Normas Técnicas Españolas.</li></ul>
	<p><b>Observaciones.-</b></p> <p><b>Se recomienda al alumno haber cursado Dibujo Técnico en el Bachillerato</b></p>

<b><u>GEOMETRÍA DESCRIPTIVA</u></b>					
<b>11.1.1.1.1 GUIA DIDÁCTICA CURSO 2005-2006</b>					
<b>Ciclo:</b>		<b>Curso:</b>	<b>1</b>	<b>Carácter:</b>	<b>Troncal: 24 créditos (3T+2P)</b>
<b>Tipo:</b>	<b>Anual</b>				
<b>Centro:</b>	<b>Escuela Universitaria Arquitectura Técnica.</b>				
<b>Estudios:</b>	<b>Arquitecto Técnico.</b>				

<b>Docencia Profesorado</b>			
<b>Objetivos</b>	Existen varios <b>lenguajes</b> o <b>normativas</b> , cada uno de los cuales es capaz de dar respuesta, por sí sólo, a cualquier problema que la representación plana de objetos del espacio, de tres dimensiones, pueda plantear. Cada uno de estos lenguajes es un SISTEMA DE REPRESENTACIÓN, y el estudio de esos sistemas es el objeto de la <b>GEOMETRÍA DESCRIPTIVA</b> .		
<b>Requisitos</b>	Se recomienda tener nociones elementales sobre proyecciones, perspectiva y construcciones geométricas y mucha visión espacial.		
<b>Evaluación</b>	<b><u>CRITERIOS DE EVALUACIÓN.</u></b>		
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Esta asignatura está dividida en dos parciales</li> <li>2. Cada uno de los parciales consta de una <u>parte teórica</u> y de una <u>parte práctica</u>.  <b>PRIMER PARCIAL    Teoría (T-1) Práctica (P-1)</b>  <b>SEGUNDO PARCIAL    Teoría (T-2) Práctica (P-2)</b></li> <li>3. En esta asignatura se guardan las partes aprobadas en los parciales hasta la convocatoria de septiembre.</li> <li>4. Cada uno de los exámenes teóricos consta de diez preguntas, con un valor de un punto por pregunta.</li> <li>5. Cada uno de los exámenes prácticos consta de tres problemas, con un valor de tres puntos por problema, quedando un punto para valorar la organización, explicación y limpieza del examen.</li> <li>6. El parcial se considera aprobado cuando la nota media entre la teoría y la práctica sea <u>mayor que cinco</u>, y siempre que la nota más baja <u>no sea inferior a cuatro</u> en una de las dos partes.</li> <li>7. En los exámenes de Junio y Septiembre <u>no se eliminan las partes</u>. Los alumnos tienen que presentarse con las partes que no hayan aprobado en los parciales.</li> </ol>		

Exámenes Parciales	
Exámenes de convocatorias	
Temario	<p style="text-align: center;"><b>PROGRAMA DE CONTENIDOS</b></p> <p style="text-align: center;">I. SISTEMA DIÉDRICO</p> <p><b>TEMA 1: PRELIMINARES. EL PUNTO</b> Proyección: Sus clases. Geometría Descriptiva. Sistema Diédrico. Representación del punto. Cota y alejamiento. Diversas posiciones del punto.</p> <p><b>TEMA 2: LA RECTA</b> Representación. Puntos notables. Partes vistas y ocultas. Posiciones particulares. Posiciones relativas entre rectas.</p> <p><b>TEMA 3: EL PLANO</b> Su determinación. Representación por sus trazas. Punto y recta situados en un plano. Horizontales y frontales del plano. Rectas de máxima pendiente y de máxima inclinación. Posiciones particulares del plano.</p> <p><b>TEMA 4 : INTERSECCIONES</b> De planos. Caso general y casos particulares. De recta y de plano: caso general y casos particulares. Recta que corta a otras tres. Recta que corta a otras dos y es paralela a un plano o a otra recta.</p> <p><b>TEMA 5: PARALELISMO</b> Entre rectas. Caso de rectas de perfil. Entre planos. Casos de planos paralelos ala línea de tierra. Entre recta y plano.</p> <p><b>TEMA 6: PERPENDICULARIDAD Y DISTANCIAS</b> Consideraciones geométricas. Perpendicularidad entre recta y plano. Perpendicularidad entre rectas. Perpendicularidad entre planos. Distancia entre dos puntos. Distancia de un punto a un plano. Distancia de un punto a una recta. Distancia entre rectas paralelas. Distancia entre planos paralelos. Mínima distancia entre dos rectas que se cruzan.</p> <p><b>TEMA 7: HOMOLOGÍA Y AFINIDAD</b> Formas Geométricas fundamentales. Homología. Definición, propiedades y determinación. Transformaciones homológicas de figuras geométricas. Afinidad. Elementos que la definen. Transformaciones afines de figuras geométricas.</p> <p><b>TEMA 8: ABATIMIENTOS. GIROS. CAMBIOS DE PLANOS</b> Abatimientos: Generalidades. Abatimiento de un punto y una recta contenidos en un plano. Obtención de las proyecciones de una figura cuyo abatimiento es conocido. Giros: Generalidades. Giro de un punto, de una recta y de un plano. Cambios de plano: Generalidades. Proyecciones del punto, la recta y el plano en "el cambio de planos". Aplicaciones de los tres métodos.</p> <p><b>TEMA 9: ÁNGULOS</b> Generalidades. a) Angulo de dos rectas y su bisectriz. b) Proyecciones de una recta conocido el ángulo que forma con otra. c) Proyecciones de una recta conocido el ángulo que forma con otras dos. d) Angulo de recta y plano. e) Representación de recta o plano conocido el ángulo que forma</p>

con plano o recta dados. f) Proyecciones de una recta conocido el ángulo que forma con dos planos. g) Angulo de dos planos y bisector del diedro. h) Representación del plano conocido el ángulo que forma con otro. i) Representación del plano conocido el ángulo que forma con otros dos.

**TEMA 10: POLIEDROS REGULARES**

Generalidades geométricas. Representación de los poliedros en posiciones varias. Desarrollos.

**TEMA 11: PRISMA Y PIRÁMIDE**

Generalidades geométricas. Representación de prisma y pirámide. Secciones planas. Intersección de recta y cuerpo. Desarrollos.

**TEMA 12: CILINDRO Y CONO**

Consideraciones Geométricas. Representación. Secciones planas. Transformada de la sección. Intersección de recta y cuerpo. Planos tangentes. Desarrollos. Bóvedas cilíndricas.

**TEMA 13: ESFERA**

Esfera: Representación . Secciones planas. Intersección recta esfera. Desarrollo aproximado.

**TEMA 14: INTERSECCIÓN DE CUERPOS**

Generalidades. Planos auxiliares. Planos límites. Penetración, mordedura y tangencia. Intersección de prismas. Intersección de pirámides. Intersección de prisma y pirámide. Intersección de cono y cilindro. Intersección de conos. Intersección de cilindros.

**TEMA 15: SOMBRAS**

Generalidades. Sombra arrojada de un punto, una recta, y una figura plana sobre los planos de proyección, un plano oblicuo o una superficie. Sombra propia de un cuerpo y arrojada sobre un plano u otro cuerpo.

**II. SISTEMA DE PLANOS ACOTADOS.**

**TEMA 16: FUNDAMENTOS. EL PUNTO, LA RECTA Y EL PLANO**

Fundamentos del sistema. Representación del punto. Representación de la recta. Representación del plano.

**TEMA 17: INTERSECCIONES. PARALELISMO. PERPENDICULARIDAD. DISTANCIAS**

Intersecciones de planos y de recta y plano. Cubiertas. Paralelismo entre rectas, entre planos y entre recta y plano. Perpendicularidad entre recta y plano, entre rectas y entre planos. Distancias entre puntos, entre punto y recta, entre punto y plano, entre rectas paralelas, entre planos paralelos y entre rectas que se cruzan.

**TEMA 18: ABATIMIENTOS. ANGULOS. GIROS. CAMBIOS DE PLANOS. PASE AL DIÉDRICO**

Abatimiento del plano que contiene al punto. Abatimiento del plano que contiene una recta. Desabatimiento. Angulo de dos rectas. Angulo de recta y plano. Angulo de dos planos. Cambio de plano del cuadro. Giro de un punto y una recta.

**TEMA 19: CUERPOS GEOMÉTRICOS. SECCIONES**

Cubo. Prisma. Tetraedro. Pirámide. Cilindro. Cono. Esfera. Secciones planas.

**TEMA 20: APLICACIONES A LA REPRESENTACIÓN DEL TERRENO**

Generalidades. Curvas de nivel. Equidistancia. Vertiente, divisoria y vaguada. Perfiles longitudinales y transversales. Desmonte y terraplén. Intersección de un plano con el terreno. Explanaciones. Trazado de alineaciones.

**III. SISTEMA AXONOMETRICO**

**TEMA 21: FUNDAMENTOS**

Generalidades. Fundamentos. Triángulo de las trazas. Coeficiente de reducción. Escalas axonométricas.

**TEMA 22: PUNTO. RECTA. PLANO**

Representación del punto: Posiciones particulares. Representación de la recta: Posiciones particulares. Representación del plano: Posiciones particulares.

**TEMA 23: INTERSECCIONES. PARALELISMO. ABATIMIENTOS**

Intersecciones: de planos y de recta y plano. Traza ordinaria de recta y de plano. Paralelismo: de rectas, de planos y de recta y plano. Abatimientos del plano que contiene un punto, una recta y una figura plana. Desabatimiento.

**TEMA 24: PERPENDICULARIDAD. DISTANCIA. ANGULOS**

Recta y planos perpendiculares. Rectas perpendiculares. Planos perpendiculares. Distancia entre dos puntos. Distancia de un punto a un plano y a una recta. Angulo entre dos rectas.

**TEMA 25: FIGURAS PLANAS. CUERPOS. SECCIONES. INTERSECCIONES. SOMBRAS**

Polígonos. Circunferencias. Curvas. Paso del sistema diédrico al axonométrico. Poliedros. Prisma. Pirámide. Cilindro. Cono. Esfera. Secciones planas. Intersecciones. Sombras.

IV. PERSPECTIVA CABALLERA

**TEMA 26: FUNDAMENTOS. PUNTO. RECTA. PLANO. INCIDENCIAS. PARALELISMO**

Fundamentos del sistema. Determinación. Representación del punto, recta y plano. Alfabeto. Incidencia de recta y plano y de planos. Rectas paralelas. Planos paralelos. Recta y plano paralelos.

**TEMA 27: ABATIMIENTOS. PERPENDICULARIDAD. DISTANCIAS. ANGULOS**

Abatimientos de los planos del triedro y de un plano cualquiera. Recta perpendicular a un punto. Plano perpendicular a una recta. Planos perpendiculares. Distancia entre puntos y entre punto y plano. Angulo de dos rectas, de dos planos y de recta y plano.

**TEMA 28: FIGURAS PLANAS. CUERPOS. SECCIONES. INTERSECCIONES. SOMBRAS**

Perspectivas de figuras planas: polígono, circunferencia, curvas cualquiera. Perspectiva de cuerpos: Prisma, pirámide, cilindro, cono, esfera. Secciones planas. Intersecciones. Sombras.

V. SISTEMA CÓNICO

**TEMA 29: FUNDAMENTOS. PUNTO. RECTA. PLANO. INCIDENCIAS. PARALELISMO**

Fundamentos del sistema y elementos de referencia. Representación del punto: Alfabeto. Representación de la recta: Posiciones. Representación del plano: Posiciones. Incidencias: entre planos, entre recta y plano. Paralelismo: entre rectas, entre recta y plano y entre planos.

**TEMA 30: PERPENDICULARIDAD. ABATIMIENTOS. ANGULOS. DISTANCIAS**

Perpendicularidad: entre recta y plano, entre planos y entre rectas. Abatimiento: de un plano que contiene un punto y una figura plana. Desabatimiento. Angulo entre dos rectas. Coordenadas de un punto. Distancia entre dos puntos, entre punto y plano y entre punto y recta. Puntos métricos.

**TEMA 31: PERSPECTIVA CÓNICA. MÉTODOS**

Método directo. Método de coordenadas. Método de las trazas y puntos de fuga.

**TEMA 32: PERSPECTIVAS DE FIGURAS PLANAS Y DE CUERPOS**

Cuadrado. Otros polígonos. Curva irregular. Circunferencia. Paralelepípedos. Prismas. Pirámides. Cilindros. Conos. Esferas. Elementos constructivos.

	<p><b>TEMA 33: PERSPECTIVA CÓNICA: COMPLEMENTOS</b>                  Cono de visibilidad. Elección del punto de vista. Situación relativa de cuerpo y plano del cuadro. Posición de la línea de horizonte. Puntos de fuga y métricos reducidos. Ampliación y reducción de la perspectiva.</p> <p><b>TEMA 34: PERSPECTIVA CÓNICA: SOMBRAS Y REFLEJOS</b>                  Sombras: Generalidades. Sombra arrojada sobre los planos horizontal y vertical. Sombra arrojada sobre otras superficies. Sombra propia. Reflejos.</p>
Prácticas	<p style="text-align: center;"><b><u>NORMAS GENERALES:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todos los ejercicios se realizarán en papel DIN A 4, sin márgenes y con la carátula correspondiente.</li> <li>2. En cada práctica se realizarán tantos ejercicios como sean necesarios, o que de tiempo de realizar en las horas de clase. El alumno deberá estar provisto de papel suficiente (aproxim. 5 hojas) para realizarlos.</li> <li>3. La carátula será la indicada por el profesor para cada curso. Los datos de la misma tendrán que estar escritos a tinta (no a lápiz) así como las líneas de la propia carátula, que cada alumno traerá preparada desde su casa.</li> <li>4. Los ejercicios serán realizados durante las clases prácticas. Para realizarlos se dará un tiempo prudencial, al final del cual serán recogidos para pasar al siguiente. No se recogerán ejercicios que no correspondan a la práctica de ese día.</li> <li>5. Los ejercicios que no se entreguen durante la práctica del día correspondiente, tendrán que ser presentados, junto a los demás, el día del examen parcial.</li> <li>6. Si el profesor lo considera oportuno, se mandarán ejercicios para realizar en casa, que serán recogidos al comienzo de la práctica siguiente. La acumulación de ejercicios no entregados serán contabilizados, a razón de 1 FALTA por cada 3 ejercicios no entregados, y al margen de las faltas de asistencia a las clases prácticas.                     <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p><u>Ejemplo:</u> Un alumno ha faltado dos veces a la clase práctica (2 Faltas de asistencia) y no ha presentado 6 de los ejercicios que se hacen en casa, y sabe que cada 3 ejercicios no entregados cuenta como 1 Falta de asistencia. Por lo tanto tiene 2 Faltas más, que suman un total de 4 Faltas en el cuatrimestre y ha perdido su opción de presentarse al parcial.</p> <p><u>Ejemplo:</u> En cada clase práctica se hacen 2, 3 o 4 ejercicios. Un alumno asiste a todas las clases prácticas pero llega siempre tarde, con lo cual cada día deja sin hacer el primer ejercicio. Si en total son 12 las prácticas realizadas, tendrá 12 ejercicios no entregados que equivalen a 4 Faltas de asistencia y tampoco podrá presentarse al parcial.</p> </div> </li> <li>7. El alumno puede tener un máximo de 3 faltas al final de cada cuatrimestre y podrá presentarse al examen parcial siempre que no supere dicho número de faltas.</li> <li>8. Las prácticas serán devueltas a los alumnos antes del examen parcial, para que los repasen y los ordenen, de manera que los ejercicios no presentados en su momento los incluyan en el dossier.</li> </ol> <p>Presentación: el dossier completo con todos los ejercicios del cuatrimestre será entregado por el alumno el día del examen parcial en el momento en que entregue su examen. Los ejercicios estarán ordenados correlativamente y debidamente grapados (se recomienda la encuadernación con espiral, macarrón o trabillas...) ¡¡¡ Atención: no clips, no carpetas, no fundas de plástico, y ninguna hoja suelta!!! Y muy importante: perfectamente identificados en la portada con el nombre, apellidos y grupo.</p>

Bibliografía	<p style="text-align: center;"><b><u>BIBLIOGRAFÍA:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "GEOMETRÍA DESCRIPTIVA", F. Izquierdo Asensi.- Edit. Dossat, S.A.</li> <li>- "GEOMETRÍA DESCRIPTIVA",(Tomos I,II,...) F.Javier Rguez. de Abajo.Editorial Marfil.</li> <li>- PROBLEMAS DE GEOMETRÍA DESCRIPTIVA, SISTEMA DIÉDRICO", (Tomo 1º de enunciados, Tomo 2º de soluciones).- Eulalia A. Rguez. Fino y Juan Ramón Rguez. Benítez. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.</li> <li>- "APUNTES DE GEOMETRÍA DESCRIPTIVA, sistema diédrico". Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería, E.U.A.T. de la Universidad de La Laguna.</li> </ul>
Obs.	
Fecha	<b>En La Laguna, a 27 de septiembre de 2005</b>
m a y Se	

Asignatura	Código		Nombre de la Asignatura	
	<b>290921111</b>		<b>EXPRESIÓN GRÁFICA Y CARTOGRÁFICA</b>	
	<p><b>Curso:</b> Primero. Ingeniería Técnica de Obras Públicas, especialidad en Hidrología.  <b>Tipo de asignatura:</b> Troncal: 9 créditos (3 T y 6 P)  <b>Cuatrimestre:</b> 1º</p>			
Docencia Profesorado	Departamento y Datos del Profesorado		Teléfono	Correo electrónico
1. Propósito 2. Requisitos 3. Evaluación	<p>1. La Expresión Gráfica es una asignatura que trata de formar al ingeniero en la transmisión de información a través de los planos de dibujo.  De una forma muy resumida los objetivos a alcanzar en esta asignatura se pueden concretar en los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcanzar el dominio de la visión espacial ligada a la ingeniería y su construcción, en sus diferentes escalas y ámbitos de actuación.</li> <li>• Alcanzar la destreza necesaria en el manejo de los medios y técnicas gráficas que requiere la expresión de los proyectos de ingeniería, desde su fase de ideación hasta la redacción de los documentos contractuales.</li> <li>• Saber representar cualquier objeto o superficie en cualquier sistema de representación y con los medios disponibles.</li> </ul> <p>Introducir al alumno en los programas de diseño asistido por ordenador.</p> <p>2. Se recomienda haber cursado la asignatura de dibujo de bachiller.</p> <p>3. La metodología de trabajo general propuesta en la asignatura se basa tanto en el estudio individualizado como en grupo a través de las herramientas disponibles del aula, a partir del material de la asignatura. De este proceso de estudio se espera que la asimilación de contenidos sea a partir de un estudio crítico de los mismos, apoyados en la bibliografía y el material recomendado en las clases presenciales, así como el seguimiento activo de los espacios virtuales comunes del aula (Foro de la asignatura).  Como metodología de estudio individual para la asignatura de Expresión Gráfica y Cartográfica sugerimos realizar las siguientes tareas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asistencia a las clases teóricas y prácticas.</li> <li>2. Lectura del material de la asignatura y de las aclaraciones realizadas por los profesores.</li> <li>3. Lectura de la Bibliografía recomendada.</li> <li>4. Lectura y realización de las actividades prácticas.</li> <li>5. Análisis de los problemas y soluciones que se plantean</li> </ol> <p>La interacciones, comunicaciones y relaciones con el resto de estudiantes y el profesor se realiza a través de dos sistemas:</p> <p><u>Presencial:</u> fundamentalmente en el horario de clases prácticas principalmente planteando las dudas al profesor. También en el horario de tutorías establecido al efecto.</p> <p><u>Virtual:</u> a través del foro de la asignatura y del e-mail del profesor. El foro de la asignatura va a constituir un espacio de participación para intercambiar opiniones sobre cualquier tema relacionado con la asignatura, dudas que podrán responder los propios alumnos o el profesor si lo estima conveniente. Aprovecharemos este espacio para construir conjuntamente algunos de los conocimientos de la asignatura.</p> <p>El método de estudio propone, durante el transcurso del cuatrimestre, la realización de ejercicios prácticos al estudiante. Todos los ejercicios intentan recoger de una forma global el contenido de los temas de la asignatura. Con estas pruebas se pretende mejorar la capacidad crítica y obtener una mayor habilidad de contraste de opinión sobre el material educativo tratado. Los resultados de este desarrollo metodológico es preparar a los estudiantes para su participación en toma de decisiones individuales o conjuntas para el desarrollo de su profesión como ingeniero. Es recomendable para una mejor asimilación y adquisición de conocimientos realizar las prácticas y ejercicios propuestos.</p> <p>Se realizará un único examen de acuerdo a las fechas de las convocatorias oficiales. La Nota final de la asignatura contempla la nota del examen, la asistencia y entrega de las prácticas y el proyecto final de la asignatura, que tiene carácter obligatorio.</p>			
Temario	<p><b>Tema 0.- El Dibujo en la Ingeniería.</b> Orígenes del dibujo. La Importancia del dibujo en la ingeniería. Definiciones. Características del lenguaje del dibujo.</p>			

	<p><b>BLOQUE I NORMALIZACIÓN INDUSTRIAL</b></p> <p><b>Tema 1.- La Normalización.</b> Definiciones. Clases de Normas. Normas Nacionales: las Normas UNE. Normas Regionales: EN. Normas Internacionales: ISO.</p> <p><b>Tema 2.- Formatos de papel. Líneas. Rotulación. Escalas.</b> Formatos de papel normalizados. Líneas Normalizadas. Rotulación normalizada. Escalas: concepto, tipos.</p> <p><b>Tema 3.- Representación de Cuerpos. Vistas Normalizadas.</b> Generalidades. Representación de un cuerpo mediante proyecciones ortogonales. Vistas Normalizadas: Sistema Europeo y Americano. Elección de las vistas. Vistas necesarias.</p> <p><b>Tema 4.- Croquización.</b> Definiciones. Útiles de croquización. Proporción en el croquis. Trazado de formas geométricas. Medición y acotado. Proceso de ejecución de un croquis.</p> <p><b>Tema 5.- Cortes y Secciones.</b> Definición. Normas de rayado. Tipos de cortes: por un plano, por planos paralelos o corte quebrado, por planos sucesivos, por planos concurrentes, medios cortes o cortes al cuarto.</p> <p><b>Tema 6.- Acotación.</b> Concepto. Elementos y Normas de Acotación. Acotación de radios, diámetros y acotaciones especiales. Sistemas de acotación. Disposición y distribución de las cotas. Símbolos.</p> <p><b>BLOQUE II SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN</b></p> <p><b>Tema 7.- Sistemas de Representación.</b> Diédrico. Planos Acotados. Perspectiva.</p> <p><b>Tema 8.- Sistema de Planos Acotados.</b> Definiciones. Representación del punto. Representación de la recta. Representación del plano. Intersección de planos. Superficies Topográficas. Perfiles. Consideraciones sobre dibujo topográfico. Signos convencionales. Sombras. Visibilidad de puntos.</p> <p><b>Tema 9.- Sistema Diédrico de Representación.</b> El Punto. La recta. El plano. Intersecciones. Paralelismo y Perpendicularidad. Distancias. Abatimientos. Cambios de plano. Giros y Ángulos. Formas geométricas fundamentales: tangencias, homología, afinidad. Sombras.</p> <p><b>Tema 10.- Perspectiva Axonométrica y Caballera.</b> Sistema Axonométrico: fundamento y definiciones. Escalas gráficas de reducción. Sistema Isométrico. Trazado de isometrías. Perspectiva isométrica de la circunferencia. Perspectiva Caballera. Variantes de la perspectiva caballera. Trazado. Perspectiva caballera de una circunferencia. Sombras.</p> <p><b>Tema 11.- Perspectiva Cónica.</b> Generalidades. Elementos empleados en la perspectiva cónica. Normas a tener en cuenta. Sombras.</p> <p><b>BLOQUE III GEOMETRÍA MÉTRICA</b></p> <p><b>Tema 12.- Trazados geométricos elementales (repaso).</b> Relaciones métricas. Polígonos. Igualdad y proporcionalidad. Homotecia y semejanza. Transformaciones geométricas.</p> <p><b>Tema 13.- Curvas Técnicas.</b> Curvas Cónicas. Óvalo, Ovoide, Espiral y Voluta. Curvas cíclicas. Curvas de Bezier. Splines. Construcción de curvas utilizadas en la ingeniería civil.</p> <p><b>BLOQUE IV SISTEMAS CAD</b></p> <p><b>Tema 14.- Sistemas CAD.</b> Introducción. Primeros pasos. Entorno de trabajo. Sistema de Coordenadas. Visualización: Zoom en Autocad. Métodos de selección. Modos de referencia a objetos. Creación de objetos. Capas, colores y tipos de línea. Acotación. Imprimir un dibujo. Espacio papel/ Espacio Modelo</p> <p><b>Tema 15.- La Representación Gráfica en la Edificación y en la Obra Civil.</b> Simbología normalizada.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Bibliografía</p>	<p><b>Bibliografía Básica.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MARTÍN DORTA, N. <i>Expresión Gráfica y Cartográfica</i>. Material docente de la asignatura en CD. Disponible también en la web.</li> <li>• MARTÍNEZ MUNETA, MARÍA LUISA. <i>Fundamentos de Ingeniería gráfica</i>. Coordinador, Jesús Félez; M<sup>a</sup> Luisa Martínez, José María Cabanellas, Antonio Carretero. Madrid: Síntesis, D.L. 1996.</li> <li>• FÉLEZ MINDÁN, J. <i>Dibujo Industrial</i>. Jesús Félez, María Luisa Martínez. 2<sup>a</sup> ed. Rev. Madrid : Síntesis, D.L. 1996.</li> <li>• SENTANA CREMADES, E. <i>Dibujo técnico en la Ingeniería Civil y Construcción</i>. Albacete: Tebar Flores, 1994.</li> <li>• RAMOS BARBERO, BASILIO. <i>Dibujo Técnico</i>. Basilio Ramos Barbero, Esteban García Maté. Madrid : AENOR, 1999.</li> <li>• AENOR. <i>Dibujo técnico, normas básicas</i>. 2<sup>a</sup> ed. Madrid : AENOR, 2001.</li> <li>• AENOR. <i>Dibujo técnico : construcción y obra civil /</i>. Madrid : AENOR, 1999</li> <li>• DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, F. <i>Topografía general y aplicada</i>. 4 ed. Madrid: Dossat, 1965.</li> <li>• MENDEZ LOPEZ, C.: PRÁCTICAS DE DIBUJO TÉCNICO, VOL. 11: SISTEMA DE PLANOS ACOTADOS. ED. DONOSTIARRA.</li> </ul>

## **Anexo VI.- Cálculos estadísticos**

Se adjuntan los resultados obtenidos al aplicar el programa SPSS sobre los datos de los test de los alumnos de La Laguna.

Las tablas corresponden las cuatro regresiones multivariantes realizadas al principio y al final de curso, para el caso del test DAT y MRT.

$$\text{MRT} = K + \text{Beta}_{11}V_1 + \text{Beta}_{12}V_2 + \dots + \text{Beta}_{1n}V_n$$

$$\text{DAT} = Q + \text{Beta}_{21}V_1 + \text{Beta}_{22}V_2 + \dots + \text{Beta}_{2n}V_n$$

Se anexan únicamente los supuestos que se han considerado óptimos, sin incluir los resultados obtenidos durante el proceso de selección de casos (con repetidor o sin repetidores, primeros ajustes, incorporación de variables...)

Las tablas que se adjuntan para cada regresión son las siguientes:

- 1.-Datos generales
- 2.-Variables incluidas/ eliminadas  
Se han ajustado los modelos mediante una selección de variables hacia delante, es decir, introduciendo una nueva variable sólo si significaba una mejora significativa en la precisión del modelo. En este proceso los bloques de variables auxiliares correspondientes a asignatura y procedencia se han incluido cuando han resultado significativas.
- 3.-Resumen del modelo para cada variable adicional  
Coeficientes de regresión y significación del ajuste
- 4.-Análisis de varianza de las covariables (Anova)
- 5.-Coeficientes (Betas)
- 6.-Variables excluidas

## MRT inicial sin repetidores

Regresión.

### Notas

Resultados creados		15-JUN-2006 09:17:45
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\JLSaorin\DatosDefinitivos.sav
	Filtro	Repetidores1no0 = 0 (FILTER)
	Peso	<ninguna>
	Segmentar archivo	<ninguna>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	353
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en los casos sin valores perdidos para ninguna variable de las utilizadas.
Sintaxis		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT MRTinicial /METHOD=FORWARD sexomujer1 Hombre0 edad Trabajadorsi1no0 añosdibujo CADsi1no0 Videojuegos1no0 Deportessi1no0 .
Recursos	Tiempo transcurrido	0:00:00,02
	Memoria necesaria	3828 bytes
	Memoria adicional requerida para los diagramas de residuos	0 bytes

**Variables introducidas/eliminadas(a)**

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	sexo (mujer = 1 Hombre =0)		Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050)
2	edad		Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050)
3	años dibujo		Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050)
4	Videojuegos (si=1;no=0)		Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050)

a Variable dependiente: MRT (inicial)

**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. del cambio en F
1	,238(a)	,057	,054	7,612	,057	20,857	1	348	,000
2	,318(b)	,101	,096	7,440	,045	17,228	1	347	,000
3	,363(c)	,132	,124	7,322	,031	12,260	1	346	,001
4	,382(d)	,146	,136	7,273	,014	5,737	1	345	,017

a Variables predictoras: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0)

b Variables predictoras: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad

c Variables predictoras: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad, años dibujo

d Variables predictoras: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad, años dibujo, Videojuegos (si=1;no=0)

**ANOVA(e)**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1208,409	1	1208,409	20,857	,000(a)
	Residual	20161,880	348	57,936		
	Total	21370,289	349			
2	Regresión	2162,091	2	1081,045	19,529	,000(b)
	Residual	19208,198	347	55,355		
	Total	21370,289	349			
3	Regresión	2819,420	3	939,807	17,529	,000(c)
	Residual	18550,868	346	53,615		
	Total	21370,289	349			
4	Regresión	3122,832	4	780,708	14,761	,000(d)
	Residual	18247,456	345	52,891		
	Total	21370,289	349			

a Variables predictoras: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0)

b Variables predictoras: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad

c Variables predictoras: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad, años dibujo

d Variables predictoras: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad, años dibujo, Videojuegos (si=1;no=0)

e Variable dependiente: MRT (inicial)

**Coefficientes(a)**

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados		Sig.
		B	Error típ.	Beta	t	
1	(Constante)	17,902	,485		36,890	,000
	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	-4,066	,890	-,238	-4,567	,000
2	(Constante)	26,548	2,136		12,427	,000
	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	-4,513	,877	-,264	-5,147	,000
	edad	-,419	,101	-,213	-4,151	,000
3	(Constante)	25,593	2,120		12,072	,000
	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	-4,661	,864	-,273	-5,395	,000
	edad	-,450	,100	-,229	-4,513	,000
4	años dibujo	1,114	,318	,176	3,501	,001
	(Constante)	22,844	2,398		9,526	,000
	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	-4,035	,897	-,236	-4,498	,000
	edad	-,390	,102	-,198	-3,817	,000
	años dibujo Videojuegos (si=1;no=0)	1,150 2,060	,316 ,860	,182 ,128	3,637 2,395	,000 ,017

a Variable dependiente: MRT (inicial)

**Variables excluidas(e)**

Modelo		Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad
						Tolerancia
1	edad	-,213(a)	-4,151	,000	-,217	,985
	Trabajador (si =1, no =0)	-,080(a)	-1,532	,127	-,082	,985
	años dibujo	,156(a)	3,028	,003	,160	,999
	CAD (si=1;no=0)	-,006(a)	-,105	,916	-,006	,999
	Videojuegos (si=1;no=0)	,166(a)	3,108	,002	,165	,933
2	Deportes (si=1, no=0)	,072(a)	1,328	,185	,071	,921
	Trabajador (si =1, no =0)	,025(b)	,433	,665	,023	,768
	años dibujo	,176(b)	3,501	,001	,185	,991
	CAD (si=1;no=0)	,062(b)	1,168	,244	,063	,913
	Videojuegos (si=1;no=0)	,118(b)	2,184	,030	,117	,874
3	Deportes (si=1, no=0)	,073(b)	1,379	,169	,074	,921
	Trabajador (si =1, no =0)	,028(c)	,489	,625	,026	,768
	CAD (si=1;no=0)	,011(c)	,195	,845	,011	,838
	Videojuegos (si=1;no=0)	,128(c)	2,395	,017	,128	,872
	Deportes (si=1, no=0)	,071(c)	1,370	,172	,074	,921
4	Trabajador (si =1, no =0)	,038(d)	,669	,504	,036	,764
	CAD (si=1;no=0)	,014(d)	,258	,797	,014	,838
	Deportes (si=1, no=0)	,063(d)	1,218	,224	,066	,917

a Variables predictoras en el modelo: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0)

b Variables predictoras en el modelo: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad

c Variables predictoras en el modelo: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad, años dibujo

d Variables predictoras en el modelo: (Constante), sexo (mujer = 1 Hombre =0), edad, años dibujo, Videojuegos (si=1;no=0)

e Variable dependiente: MRT (inicial)

## DAT inicial esperado (sin repetidores)

### Regresión

#### Notas

Resultados creados		15-JUN-2006 09:19:48
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\JLSaorin\DatosDefinitivos.sav
	Filtro	Repetidorsi1no0 = 0 (FILTER)
	Peso	<ninguna>
	Segmentar archivo	<ninguna>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	353
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en los casos sin valores perdidos para ninguna variable de las utilizadas.
Sintaxis		<pre> REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT DATinicial /METHOD=FORWARD sexomujer1 Hombre0 edad Trabajadorsi1no0 añosdibujo CADsi1no0 Videojuegosi1no0 Deportessi1no0 /METHOD=ENTER FPvsBACHILLER OTRASCvsBACHILLER RESTOvsBACHILLER .                     </pre>
Recursos	Tiempo transcurrido	0:00:00,02
	Memoria necesaria	5332 bytes
	Memoria adicional requerida para los diagramas de residuos	0 bytes

**Variables introducidas/eliminadas(b)**

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	años dibujo	.	Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar ≤ ,050)
2	edad	.	Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar ≤ ,050)
3	FPvsBACHILLER, OTRASCvsBACHILLER, RESTOvsBACHILLER(a)	.	Introducir

a Todas las variables solicitadas introducidas

b Variable dependiente: DAT (inicial)

**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Cambio en R cuadrado	Estadísticos de cambio			Sig. del cambio en F
						Cambio en F	gl1	gl2	
1	,161(a)	,026	,023	9,721	,026	9,306	1	348	,002
2	,238(b)	,057	,051	9,580	,031	11,282	1	347	,001
3	,282(c)	,079	,066	9,506	,023	2,818	3	344	,039

a Variables predictoras: (Constante), años dibujo

b Variables predictoras: (Constante), años dibujo, edad

c Variables predictoras: (Constante), años dibujo, edad, FPvsBACHILLER, OTRASCvsBACHILLER, RESTOvsBACHILLER

**ANOVA(d)**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	879,414	1	879,414	9,306	,002(a)
	Residual	32884,140	348	94,495		
	Total	33763,554	349			
2	Regresión	1914,938	2	957,469	10,432	,000(b)
	Residual	31848,616	347	91,783		
	Total	33763,554	349			
3	Regresión	2678,803	5	535,761	5,929	,000(c)
	Residual	31084,751	344	90,363		
	Total	33763,554	349			

a Variables predictoras: (Constante), años dibujo

b Variables predictoras: (Constante), años dibujo, edad

c Variables predictoras: (Constante), años dibujo, edad, FPvsBACHILLER, OTRASCvsBACHILLER, RESTOvsBACHILLER

d Variable dependiente: DAT (inicial)

**Coefficientes(a)**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	41,452	,806		51,440	,000
	años dibujo	1,282	,420	,161	3,051	,002
2	(Constante)	50,116	2,699		18,571	,000
	años dibujo	1,399	,416	,176	3,366	,001
3	edad	-,434	,129	-,176	-3,359	,001
	(Constante)	48,078	3,218		14,939	,000
3	años dibujo	1,522	,421	,192	3,612	,000
	edad	-,329	,163	-,133	-2,018	,044
	FPvsBACHILLER	-1,603	1,560	-,058	-1,027	,305
	OTRASCvsBACHILLER	2,538	2,364	,063	1,073	,284
	RESTOvsBACHILLER	-8,101	3,712	-,131	-2,182	,030

a Variable dependiente: DAT (inicial)

**Variables excluidas(d)**

Modelo		Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad	
						Tolerancia	
1	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	,030(a)	,563	,574	,030	,999	
	edad	-,176(a)	-3,359	,001	-,177	,993	
	Trabajador (si =1, no =0)	,003(a)	,058	,954	,003	,999	
	CAD (si=1;no=0)	,028(a)	,504	,615	,027	,912	
	Videojuegos (si=1;no=0)	,098(a)	1,852	,065	,099	,994	
	Deportes (si=1, no=0)	-,037(a)	-,697	,486	-,037	1,000	
	FPvsBACHILLER	-,081(a)	-1,494	,136	-,080	,955	
	OTRASCvsBAC HILLER	,027(a)	,511	,609	,027	1,000	
	RESTOvsBACHI LLER	-,183(a)	-3,519	,000	-,186	,998	
	2	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	,008(b)	,148	,882	,008	,983
Trabajador (si =1, no =0)		,112(b)	1,895	,059	,101	,772	
CAD (si=1;no=0)		,087(b)	1,533	,126	,082	,838	
Videojuegos (si=1;no=0)		,065(b)	1,218	,224	,065	,953	
Deportes (si=1, no=0)		-,030(b)	-,576	,565	-,031	,998	
FPvsBACHILLER		-,048(b)	-,877	,381	-,047	,919	
OTRASCvsBAC HILLER		,102(b)	1,835	,067	,098	,874	
RESTOvsBACHI LLER		-,134(b)	-2,353	,019	-,126	,829	
3		sexo (mujer = 1 Hombre =0)	,010(c)	,196	,845	,011	,974
		Trabajador (si =1, no =0)	,103(c)	1,702	,090	,092	,726
	CAD (si=1;no=0)	,114(c)	1,867	,063	,100	,711	
	Videojuegos (si=1;no=0)	,066(c)	1,251	,212	,067	,950	
	Deportes (si=1, no=0)	-,041(c)	-,794	,428	-,043	,982	

a Variables predictoras en el modelo: (Constante), años dibujo

b Variables predictoras en el modelo: (Constante), años dibujo, edad

c Variables predictoras en el modelo: (Constante), años dibujo, edad, FPvsBACHILLER, OTRASCvsBACHILLER, RESTOvsBACHILLER

d Variable dependiente: DAT (inicial)

## Regresión (Incremento de MRT con repetidores)

### Notas

Resultados creados		21-JUN-2006 08:48:59
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\JLSaorin\DatosDefinitivos.sav
	Filtro	<ninguna>
	Peso	<ninguna>
	Segmentar archivo	<ninguna>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	462
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en los casos sin valores perdidos para ninguna variable de las utilizadas.
Sintaxis		<pre> REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT MRTinc /METHOD=ENTER ITlvsIQ ITOPvsIQ ITMvsIQ APARvsIQ /METHOD=FORWARD Repetidorsi1no0 sexomujer1Hombre0 edad Trabajadorsi1no0 añosdibujo CADsi1no0 Videojuegosi1no0 Deportessi1no0 MRTinicial .                     </pre>
Recursos	Tiempo transcurrido	0:00:00,03
	Memoria necesaria	7076 bytes
	Memoria adicional requerida para los diagramas de residuos	0 bytes

**Variables introducidas/eliminadas(b)**

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ(a)	.	Introducir
2	MRT (inicial)	.	Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050)
3	Repetidor (si=1, no=0)	.	Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050)
4	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	.	Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050)

a Todas las variables solicitadas introducidas

b Variable dependiente: Incremento en MRT

**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. del cambio en F
1	,247(a)	,061	,040	6,10725	,061	2,879	4	177	,024
2	,403(b)	,162	,138	5,78572	,101	21,220	1	176	,000
3	,463(c)	,215	,188	5,61683	,053	11,743	1	175	,001
4	,506(d)	,256	,227	5,48146	,042	9,751	1	174	,002

a Variables predictoras: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ

b Variables predictoras: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ, MRT (inicial)

c Variables predictoras: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ, MRT (inicial), Repetidor (si=1, no=0)

d Variables predictoras: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ, MRT (inicial), Repetidor (si=1, no=0), sexo (mujer = 1 Hombre =0)

**ANOVA(e)**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	429,462	4	107,365	2,879	,024(a)
	Residual	6601,840	177	37,299		
	Total	7031,302	181			

2	Regresión	1139,778	5	227,956	6,810	,000(b)
	Residual	5891,524	176	33,475		
	Total	7031,302	181			
3	Regresión	1510,259	6	251,710	7,978	,000(c)
	Residual	5521,043	175	31,549		
	Total	7031,302	181			
4	Regresión	1803,236	7	257,605	8,574	,000(d)
	Residual	5228,066	174	30,046		
	Total	7031,302	181			

a Variables predictoras: (Constante), APARvslQ, ITOPvslQ, ITMvslQ, ITlvsIQ

b Variables predictoras: (Constante), APARvslQ, ITOPvslQ, ITMvslQ, ITlvsIQ, MRT (inicial)

c Variables predictoras: (Constante), APARvslQ, ITOPvslQ, ITMvslQ, ITlvsIQ, MRT (inicial), Repetidor (si=1, no=0)

d Variables predictoras: (Constante), APARvslQ, ITOPvslQ, ITMvslQ, ITlvsIQ, MRT (inicial), Repetidor (si=1, no=0), sexo (mujer = 1 Hombre =0)

e Variable dependiente: Incremento en MRT

### Coefficientes(a)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	9,313	1,527		6,099	,000
	ITlvsIQ	-3,021	1,763	-,214	-1,713	,088
	ITOPvslQ	-,455	2,027	-,023	-,225	,822
	ITMvslQ	-2,031	1,870	-,124	-1,086	,279
	APARvslQ	-4,405	1,704	-,340	-2,584	,011
2	(Constante)	13,089	1,663		7,873	,000
	ITlvsIQ	-2,381	1,676	-,169	-1,421	,157
	ITOPvslQ	-,687	1,921	-,035	-,358	,721
	ITMvslQ	-,981	1,786	-,060	-,549	,583
	APARvslQ	-3,727	1,621	-,287	-2,298	,023
3	MRT (inicial)	-,242	,052	-,324	-4,606	,000
	(Constante)	13,536	1,619		8,359	,000
	ITlvsIQ	-2,560	1,628	-,181	-1,572	,118
	ITOPvslQ	-,226	1,869	-,012	-,121	,904
	ITMvslQ	-1,503	1,741	-,092	-,863	,389
	APARvslQ	-3,061	1,586	-,236	-1,930	,055
	MRT (inicial)	-,238	,051	-,319	-4,671	,000
4	Repetidor (si=1, no=0)	-4,043	1,180	-,241	-3,427	,001
	(Constante)	15,442	1,694		9,115	,000
	ITlvsIQ	-3,392	1,611	-,240	-2,106	,037
	ITOPvslQ	-,386	1,825	-,020	-,211	,833
	ITMvslQ	-2,475	1,727	-,152	-1,433	,154
	APARvslQ	-3,161	1,548	-,244	-2,042	,043
	MRT (inicial)	-,270	,051	-,362	-5,322	,000
Repetidor (si=1, no=0)	-4,448	1,159	-,266	-3,839	,000	
sexo (mujer = 1 Hombre =0)	-3,089	,989	-,219	-3,123	,002	

a Variable dependiente: Incremento en MRT

### Variables excluidas(e)

Modelo		Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad	
						Tolerancia	
1	Repetidor (si=1, no=0)	-,248(a)	-3,335	,001	-,244	,905	
	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	-,113(a)	-1,494	,137	-,112	,918	
	edad	-,074(a)	-1,014	,312	-,076	,993	
	Trabajador (si =1, no =0)	-,078(a)	-1,063	,289	-,080	,974	
	años dibujo	,128(a)	1,676	,096	,125	,906	
	CAD (si=1;no=0)	-,075(a)	-1,008	,315	-,076	,957	
	Videojuegos (si=1;no=0)	,046(a)	,569	,570	,043	,803	
	Deportes (si=1, no=0)	,054(a)	,726	,469	,055	,970	
	MRT (inicial)	-,324(a)	-4,606	,000	-,328	,963	
	2	Repetidor (si=1, no=0)	-,241(b)	-3,427	,001	-,251	,904
sexo (mujer = 1 Hombre =0)		-,189(b)	-2,610	,010	-,194	,880	
edad		-,108(b)	-1,557	,121	-,117	,983	
Trabajador (si =1, no =0)		-,094(b)	-1,340	,182	-,101	,972	
años dibujo		,159(b)	2,212	,028	,165	,898	
CAD (si=1;no=0)		-,064(b)	-,901	,369	-,068	,956	
Videojuegos (si=1;no=0)		,121(b)	1,547	,124	,116	,772	
Deportes (si=1, no=0)		,103(b)	1,460	,146	,110	,949	
3		sexo (mujer = 1 Hombre =0)	-,219(c)	-3,123	,002	-,230	,869
		edad	-,037(c)	-,518	,605	-,039	,880
	Trabajador (si =1, no =0)	-,036(c)	-,508	,612	-,038	,907	
	años dibujo	,142(c)	2,019	,045	,151	,893	
	CAD (si=1;no=0)	-,047(c)	-,685	,494	-,052	,951	
	Videojuegos (si=1;no=0)	,100(c)	1,308	,192	,099	,766	
	Deportes (si=1, no=0)	,092(c)	1,344	,181	,101	,947	
	4	edad	-,083(d)	-1,164	,246	-,088	,847
		Trabajador (si =1, no =0)	-,064(d)	-,918	,360	-,070	,893
		años dibujo	,130(d)	1,895	,060	,143	,891
CAD (si=1;no=0)		-,022(d)	-,330	,742	-,025	,937	
Videojuegos (si=1;no=0)		,075(d)	1,004	,317	,076	,757	
Deportes (si=1, no=0)		,056(d)	,820	,413	,062	,916	

a Variables predictoras en el modelo: (Constante), APARvslQ, ITOPvslQ, ITMvslQ, ITlvsIQ

b Variables predictoras en el modelo: (Constante), APARvslQ, ITOPvslQ, ITMvslQ, ITlvsIQ, MRT (inicial)

c Variables predictoras en el modelo: (Constante), APARvslQ, ITOPvslQ, ITMvslQ, ITlvsIQ, MRT (inicial), Repetidor (si=1, no=0)

d Variables predictoras en el modelo: (Constante), APARvslQ, ITOPvslQ, ITMvslQ, ITlvsIQ, MRT (inicial), Repetidor (si=1, no=0), sexo (mujer = 1 Hombre =0)

e Variable dependiente: Incremento en MRT

## Regresión (Incremento DAT con repetidores)

### Notas

Resultados creados		21-JUN-2006 08:50:23
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\JLSaorin\DatosDefinitivos.sav
	Filtro	<ninguna>
	Peso	<ninguna>
	Segmentar archivo	<ninguna>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	462
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en los casos sin valores perdidos para ninguna variable de las utilizadas.
Sintaxis		<pre> REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT DATinc /METHOD=ENTER ITlvsIQ ITOPvsIQ ITMvsIQ APARvsIQ /METHOD=FORWARD Repetidorsi1no0 sexomujer1Hombre0 edad Trabajadorsi1no0 añosdibujo CADsi1no0 Videojuegosi1no0 Deportessi1no0 DATinicial .                     </pre>
Recursos	Tiempo transcurrido	0:00:00,02
	Memoria necesaria	7076 bytes
	Memoria adicional requerida para los diagramas de residuos	0 bytes

### VARIABLES INTRODUCIDAS/ELIMINADAS(b)

Modelo	VARIABLES introducidas	VARIABLES eliminadas	Método
1	APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ(a)	.	Introducir
2	DAT (inicial)	.	Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar ≤ ,050)

- a Todas las variables solicitadas introducidas  
 b Variable dependiente: Incremento en DAT

### Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. del cambio en F
1	,278(a)	,077	,057	6,23379	,077	3,749	4	179	,006
2	,712(b)	,507	,493	4,57118	,429	154,890	1	178	,000

- a Variables predictoras: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ  
 b Variables predictoras: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ, DAT (inicial)

### ANOVA(c)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	582,776	4	145,694	3,749	,006(a)
	Residual	6955,958	179	38,860		
	Total	7538,734	183			
2	Regresión	3819,305	5	763,861	36,556	,000(b)
	Residual	3719,429	178	20,896		
	Total	7538,734	183			

- a Variables predictoras: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ  
 b Variables predictoras: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ, DAT (inicial)  
 c Variable dependiente: Incremento en DAT

### Coefficientes(a)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	6,562	1,558		4,211	,000
	ITlvsIQ	-1,104	1,800	-,076	-,614	,540
	ITOPvsIQ	,152	2,069	,008	,073	,942
	ITMvsIQ	1,044	1,899	,063	,550	,583
	APARvsIQ	-3,532	1,737	-,265	-2,033	,043
2	(Constante)	27,159	2,011		13,504	,000
	ITlvsIQ	-,758	1,320	-,052	-,574	,566
	ITOPvsIQ	-,906	1,519	-,045	-,596	,552
	ITMvsIQ	1,189	1,393	,071	,854	,394
	APARvsIQ	-2,961	1,275	-,222	-2,323	,021
	DAT (inicial)	-,462	,037	-,660	-12,445	,000

- a Variable dependiente: Incremento en DAT

**Variables excluidas(c)**

Modelo		Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad
						Tolerancia
1	Repetidor (si=1, no=0)	,065(a)	,861	,390	,064	,899
	sexo (mujer = 1 Hombre =0)	-,070(a)	-,943	,347	-,071	,928
	edad	,128(a)	1,793	,075	,133	,992
	Trabajador (si =1, no =0)	,018(a)	,242	,809	,018	,974
	años dibujo	,103(a)	1,362	,175	,102	,904
	CAD (si=1;no=0)	-,066(a)	-,903	,368	-,068	,958
	Videojuegos (si=1;no=0)	-,031(a)	-,386	,700	-,029	,805
	Deportes (si=1, no=0)	-,032(a)	-,437	,662	-,033	,969
	DAT (inicial)	-,660(a)	-12,445	,000	-,682	,987
	2	Repetidor (si=1, no=0)	-,040(b)	-,713	,477	-,054
sexo (mujer = 1 Hombre =0)		-,028(b)	-,505	,614	-,038	,925
edad		-,003(b)	-,057	,954	-,004	,953
Trabajador (si =1, no =0)		-,020(b)	-,365	,716	-,027	,971
años dibujo		,080(b)	1,456	,147	,109	,903
CAD (si=1;no=0)		-,048(b)	-,894	,373	-,067	,957
Videojuegos (si=1;no=0)		,003(b)	,058	,954	,004	,803
Deportes (si=1, no=0)		-,027(b)	-,511	,610	-,038	,969

a Variables predictoras en el modelo: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ

b Variables predictoras en el modelo: (Constante), APARvsIQ, ITOPvsIQ, ITMvsIQ, ITlvsIQ, DAT (inicial)

c Variable dependiente: Incremento en DAT